ОСНОВЫ МИКРОБИОЛОГИИ

И БИОТЕХНОЛОГИИ

Часть 1

О.Ю. Сартакова

Министерство образования Российской федерации

Алтайский государственный технический университет
им. И.И.Ползунова

О.Ю.Сартакова

ОСНОВЫ МИКРОБИОЛОГИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ

Часть 1

Учебное пособие

Барнаул 2001

УДК 576 (076.5)

Сартакова О.Ю. Основы микробиологии и биотехнологии. Часть 1: Уч. Пособие. / Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова – Барнаул. Изд-во АГТУ, 2001. - 64 с.

В пособии рассмотрены основные виды микроорганизмов, их классификация и морфологические особенности.

Представлены этапы становления науки биотехнология, ее связь с другими областями знаний, а так же показаны перспективы дальнейшего развития. Приведен перечень основных продуктов биотехнологии и описаны особенности их получения

Рецензент- кандидат биологических наук, доцент
кафедры физиологии человека и животных
Алтайского государственного университета
Плешкова Н.В.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ--4

1. ОСНОВЫ МИКРОБИОЛОГИИ---------------------------------5
1.1. Общие сведения о микроорганизмах--------------------------5
1.2. Распространение микроорганизмов в природе -------------6
1.3. Морфологическая характеристика отдельных групп микроорганизмов---8
1.4. Микроорганизмы и окружающая среда---------------------29

2. ВВЕДЕНИЕ В БИОТЕХНОЛОГИЮ---------------------------------33
2.1. Прошлое и настоящее биотехнологии------------------------34
2.2. Открытия и разработки, способствовавшие становлению и развитию биотехнологии как науки------------------------------------37
2.3. Перспективы развития биотехнологии------------------------41

3. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИИ----------------42
3.1. Применение биотехнологии в медицине---------------------42
3.2. Применение биотехнологии в энергетике--------------------44
3.3. Производство пищевых продуктов и напитков------------55
3.4. Химическая промышленность и биотехнология------------58
3.5. Сельское хозяйство и биотехнология-------------------------60
3.6. Биогеотехнология---61
3.7. Окружающая среда и биотехнологии -------------------------62
3.8. Безопасность биотехнологических производств-----------63

ЛИТЕРАТУРА--64

ВВЕДЕНИЕ

Микроорганизмы самые древние существа на нашей планете. С момента их появления (приблизительно 3,6 млрд. лет тому назад) минеральная история Земли идет параллельно и взаимосвязано с эволюцией живого. Именно в результате геохимической деятельности микроорганизмов произошло накопление определенных минералов в природе и были подготовлены условия для возникновения и развития растений и животных и, в конечном счете, сформировалась биосфера планеты. Основную роль в поддержании биосферы в более или менее устойчивом состоянии путем осуществления круговорота необходимых для жизни элементов продолжают выполнять микроорганизмы и в наши дни.

Человек, постоянно находясь в окружении микробов, издавна ощущал проявления их жизнедеятельности, а некоторые из них использовал в своей практике. Так, с давних времен люди занимаются виноделием, пивоварением, приготовлением квашенных продуктов, выпечкой хлеба, вымачиванием льна и некоторыми другими производствами, в основе которых лежат микробиологические процессы. Повсеместно в окружающей среде человека происходило и в настоящее время происходит разложение различных веществ. И, наконец, во все времена человечество страдало от микроорганизмов, вызывающих инфекционные заболевания. Тем не менее о мире микробов люди узнали сравнительно недавно, что объясняется, в первую очередь, ограниченностью наших органов чувств – глаз человека имеет разрешающую способность примерно 100 мкм, а размеры подавляющего большинства клеток бактерий составляют 2-5 мкм.

Попытки преодолеть созданный природой барьер и расширить возможности органов зрения человека были предприняты еще в Древнем Вавилоне, где изготовлялись увеличивающие линзы. Можно считать, что с изготовлением этих линз человек сделал первый шаг на пути в микромир.

1. ОСНОВЫ МИКРОБИОЛОГИИ

1.1. Общие сведения о микроорганизмах

Микробиология - это наука о микроорганизмах, относящихся к различным систематическим группам (бактерии, простейшие, водоросли, грибы, вирусы). Общим признаком перечисленных организмов является их микроскопический размер на протяжении всей жизни. Мир микроорганизмов очень разнообразен. Клетки одних микробов по своей структуре напоминают животные клетки, у других сходны с растительными, третьи могут сочетать признаки тех и других клеток или существенно отличаться от них.

Микроорганизмы, большинство которых состоит из одной клетки, отличаются от животных и растений простотой биологической организации. Это дало основание **Э. Геккелю** объединить их в третье царство живой природы и дать ему название **«царство протистов»**. Основу строения клеток всех протистов, как и клеток высших животных и растений, составляют **цитоплазма (или «живое вещество» клетки) и ядро.** Однако развитие электронной микроскопии позволило выявить принципиальное различие в строении клеток протистов и разделить их на две четко различающиеся группы: высшие протисты – **эукариоты** и низшие протисты **– прокариоты**, или доядерные организмы.

Важнейшими признаками, отличающими эукариотическую клетку от прокариотической, являются структурная организация ядерного материала и способ его деления. Клетки эукариотов имеют обособленное ядро, отделенное от цитоплазмы мембраной. Наследственная информация заключена в хромосомах. Содержащих **дезоксирибонуклеиновую кислоту (ДНК)** и белки особого типа. Деление ядра при размножении клеток происходит в результате сложного процесса – **митоза.**

В клетках прокариотов истинное ядро отсутствует, но есть ядроподобные образования – **нуклеоиды (от лат. nukleus – ядро**). По сравнению с ядрами клеток высших организмов они имеют более простое строение и не отделены от цитоплазмы оболочкой. Наследственную информацию несет одна хромосома, представляющая собой длинную молекулу ДНК.

К эукариотам относятся простейшие, водоросли (кроме сине-зеленых) и грибы. Группу низших протистов – прокариотов составляют бактерии и сине-зеленые водоросли, которые в настоящее время чаще называют цианобактериями.

Вирусы, как неклеточные формы жизни, выделены в отдельную группы.

1.2. Распространение микроорганизмов в природе

Вследствие малых размеров, а также способности усваивать самые разнообразные вещества в качестве источников питания, легко приспосабливаться к условиям внешней среды, микроорганизмы широко распространены в природе и могут быть обнаружены там, где отсутствуют другие формы жизни. Естественной средой обитания микроорганизмов являются почва, вода и организмы человека и животных.

Воздух не является благоприятной средой для развития микробов, поскольку не содержит капельножидкой воды, но, попадая в воздух с поверхности земли или предметов вместе с пылью, многие микроорганизмы могут временно сохранять жизнеспособность.

Численность и видовой состав **микроорганизмов, населяющих почву**, определяется наличием в ней влаги и питательных веществ, реакцией среды, температурой, степенью аэрации. Почва, кроме самого верхнего слоя, служит микроорганизмам защитой от губительного действия прямых солнечных лучей. Почва является местом обитания разнообразных видов бактерий, водорослей, грибов, простейших. Наиболее богаты микроорганизмами хорошо обработанные почвы. Число бактерий в 1 г почвы может составлять несколько миллионов, водорослей – до 100 тыс., грибов – десятки тысяч. Микроорганизмы, населяющие почву, обладают колоссальной общей поверхностью. Так, в пахотном слое 1 га почвы поверхность микробных клеток составляет около 500 га. Именно этим и объясняется чрезвычайно активное воздействие микроорганизмов на почву. Большинство бактерий развивается в верхнем слое почвы глубиной 15 – 20 см. Водоросли развиваются в слое до 10 см и иногда вызывают обильное цветение почвы. Выделяя кислород в процессе жизнедеятельности, они способствуют аэрации почвы. В условиях хорошей аэрации верхнего слоя интенсивно развиваются микроскопические грибы. В почве широко представлены черви и личинки насекомых, которые рыхлят почву, обеспечивая проникание кислорода в более глубокие слои.

Микронаселение водных объектов, его численность и видовое разнообразие определяются, прежде всего, степенью загрязненности воды, т.е. наличием в ней органических веществ. Гидробионты - обитатели водной среды – относятся к различным систематическим группам. В природных водоемах могут развиваться водоросли, бактерии, простейшие, грибы. Для глубоко залегающих **артезианских вод** благодаря защищенности водоносных слоев обычно характерно почти полное отсутствие микроорганизмов. Воды **открытых водоемов** отличаются разнообразием и непостоянством химического состава и микробного населения. Численность последнего зависит от ряда причин: заселенности прибрежных районов, количества атмосферных осадков, времени года и т.д., поскольку они обусловливают характер и степень загрязненности водоема. Особенно много микроорганизмов в водных источниках вблизи крупных городов. Значительно возрастает число бактерий в водоемах после дождя и в период весеннего половодья. В зимний период численность гидробионтов резко уменьшается. Наиболее богаты микроорганизмами **сточные воды**. Число бактерий в 1 мл сточной воды может превышать 1 млрд. Источником микроорганизмов бытовых сточных вод являются физиологические выделения человека и его хозяйственная деятельность. Некоторые виды производственных сточных вод содержат специфические микроорганизмы, используемые в технологическом процессе производства лекарственных препаратов, спирта, молочнокислых продуктов и т.д. Ливневые сточные воды загрязнены микробами, вымываемыми из почвы.

Микрофлора человека и животных. Многие микроорганизмы временно или постоянно обитают в полостях тела или на теле человека и животных. От стабильности сложившегося а ходе эволюции баланса между организмом и его микрофлорой и равновесия внутри микробных ассоциаций существенно зависит ход разнообразных процессов в организме и , в конечном счете, его здоровье.

Оценивая качественный и количественный состав микрофлоры человека и животных, необходимо подчеркнуть, особое ее обилие и разнообразие в различных отделах пищеварительного тракта. Наибольшее количество микробов обитает в толстой кишке и нижних отделах тонких кишок. Много их на слизистых оболочках полости рта (микрококки, пневмококки, стрептококки, лактобациллы, дрожжи, актиномицеты и др.) и в зубном налете (лактобациллы, стрептококки и спирохеты). На коже человека и животных постоянно обнаруживаются стафилококки, энтерококки, сарцины, кишечная палочка и др. виды

семейства энтеробактерий. Свободны или почти свободны от микроорганизмов нижние органы дыхания, пищевод и желудок.

В последние годы в связи с широким применением **антибиотиков, иммунодепресантов** и многих других биологически активных веществ участились нарушения в составе микрофлоры **(дисбактериозы),** являющиеся причиной заболевания человека.

1.3. Морфологическая характеристика отдельных групп микроорганизмов

Морфология – наука о форме, внутреннем строении и размерах клеток микроорганизмов.

1.3.1. Высшие протисты

1.3.1.1. Структура эукариотической клетки

Группа высших протистов представлена достаточно разнородными организмами, клетки которых сходны либо с животными, либо с растительными клетками. Цитоплазма и ядро клетки в совокупности образуют протопласт, окруженный снаружи цитоплазматической мембраной, пропускающей внутрь клетки только воду, очень небольшие молекулы некоторых веществ и ионы. Цитоплазма клетки неоднородна. В ней обнаружены жизненно важные структурные образования **- органеллы**, выполняющие различные функции. Это – **рибосомы, митохондрии, комплекс Гольджи.**

Рибосомы имеют вид мелких зернышек, локализованных во внутриклеточных мембранах, образующих эндоплазматическую сеть. Рибосомы богаты рибонуклеиновой кислотой (РНК). В них осуществляется **синтез белка.**

Митохондрии имеют округлую, овальную или палочковидную форму. Размер их колеблется от 0,22 до 7 мкм. В митохондриях протекают **окислительные процессы, сопровождающиеся образованием энергии (дыхание).**

Комплекс Гольджи представляет собой тельца серповидной или палочковидной формы. Одним из продуктов комплекса являются **лизосомы** – округлые включения диаметром около 1 мкм, внутри которых сосредоточены ферменты, способные расщеплять питательные вещества. **Важнейшей функцией комплекса Гольджи**

является накапливание продуктов обмена перед выводом их из клетки.

Цитоплазма эукариотической клетки находится в постоянном движении. Внутреннее пространство клетки делится мембранами на более или менее изолированные отсеки, в каждом из которых протекают определенные биохимические процессы.

К числу характерных функциональных особенностей, свойственных только эукариотам, относятся **явления пиноцитоза и фагоцитоза.** Сущность этих явлений состоит в переносе небольших капелек жидкости (пиноцитоз) или твердых частиц (фагоцитоз) в клетку в результате втягивания участка цитоплазматической мембраны внутрь, отрыва образовавшегося мешочка и превращения его в вакуоль, которая сливается с лизосомой, при этом вещества, попавшие в клетку, подвергаются гидролизу.

1.3.1.2. Простейшие

Организмы, относящиеся к типу простейших (**Protozoa)**, очень многочисленны и, хотя тело их состоит из одной клетки, крайне разнообразны по своему строению. Общее число видов простейших превышает 15 тыс. Размеры их колеблются в широких пределах (от 2 мкм до 2 мм) и зависят от видовой принадлежности и физиологического состояния.

Некоторые наиболее высокоорганизованные виды простейших имеют **ротовое отверстие и порошицу** для удаления твердых не усвоенных остатков пищи. Жидкие продукты жизнедеятельности клетки удаляются с помощью вакуоли**. Сократительная вакуоль** представляет собой периодически нарастающий пузырек жидкости, который, достигая определенных размеров, подходит к оболочке клетки и выбрасывает свое содержимое наружу. В окружающей среде концентрация солей обычно меньше, чем внутри клетки. В соответствии с законами осмотического давления вода стремится проникнуть в клетку. **Сократительная вакуоль, удаляя избыток воды, действует как откачивающий аппарат и поддерживает внутри клетки постоянное осмотическое давление.** Из запасных веществ в клетках большинства простейших откладывается гликоген, в некоторых – жир. Окрашенные простейшие накапливают крахмал.

Размножаются Protozoa простым делением клеток (бесполое размножение) или в результате сложного **полового процесса – конъюгации**.

В неблагоприятных условиях многие простейшие превращаются в **цисты**. Такой процесс называется **инцистированием** и заключается в уменьшении объема тела, которое принимает округлую форму и покрывается плотной оболочкой, в результате чего приобретает устойчивость к воздействию вредных факторов внешней среды. Цисты многих простейших способны переносить полное высыхание в течение нескольких лет. При пересыхании мелких водоемов и луж цисты остаются в иле, превращающемся в пыль. Ветер вместе с пылью переносит их на большие расстояния, способствуя расселению Protozoa.

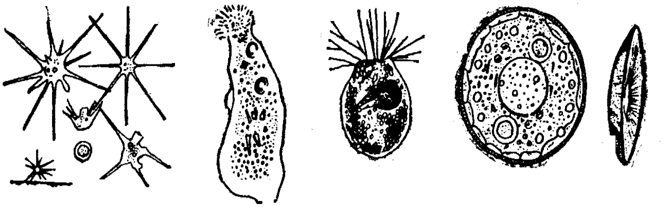
Местом обитания простейших являются моря и пресные воды, почва, организмы человека и животных. Широкое распространение обусловлено их способностью к быстрому и интенсивному размножению, способностью переносить неблагоприятные условия в виде цист, разнообразием средств распространения (водные и воздушные течения, с помощью птиц и насекомых).

Многие виды Protozoa являются **болезнетворными,** вызывающими такие заболевания, как **амебная дизентерия, малярия, африканская сонная болезнь и др.**

В основу классификации простейших положены главным образом способы их передвижения. Тип Protozoa делится на несколько классов. В практике очистки природных и сточных вод наибольшее значение имеют три из них: Sarcodina, Mastigophora, Infusoria. Каждый из классов делится на подклассы, отряды, роды, виды.

Sarcodina. Представители этого класса простейших (рис. 1) во взрослом состоянии передвигаются с помощью особых меняющих форму выростов тела, которые носят название **ложноножек или псевдоподий**. У различных видов саркодовых псевдоподии весьма разнообразны по числу и форме. Некоторые из них имеют ложноножки широкие лопастевидные, другие – напоминающие сплетение корней дерева, третьи – в виде прямых тонких лучей.

1 2 3 4



Голые амебы: 1-Amoeba radioza, 2-Amoeba limax;
Раковинные амебы: 3- Pamphagus hyalinus, 4-Arcella diskoides
Рис. 1. Sarcodina

В пресных природных водах и на очистных сооружениях канализации наиболее распространены **подклассы Rhisopoda (корненожки) и Testacea (раковинные).**

К **корненожкам** относятся одни из самых простых по морфологическому строению организмов – **голые амебы (Amoeba)**. Низшие формы их лишены скелета и представляют собой голый комочек цитоплазмы. В ней различают внутренний жидкий, зернистый слой (эндоплазма) и более вязкий, плотный, тонкий ободок (эктоплазма). При движении амеба выпускает ложноножки в определенном направлении. Движение состоит как бы в медленном перетекании массы тела. Питание амебы происходит за счет явления фагоцитоза. Вокруг пищевого комка образуется пищеварительная вакуоль, внутри которой питательные вещества переводятся в растворимое состояние и через стенку вакуоли просачиваются наружу в любой точке тела. **Размножаются амебы простым делением клетки.**

Раковинные амебы отличаются от голых амеб наличием овальной или круглой раковины с отверстием (устьем) для псевдоподий. У одних амеб раковины построены из хитиноподобных веществ, образующихся в теле амебы, у других – из посторонних частиц, например мельчайших песчинок, склеенных выделениями цитоплазмы. Поступает пища, и выводятся не переваренные остатки через устье раковины. **Размножаются раковинные амебы делением клетки,** но этому предшествует образование внутри тела запасных веществ, из

которых затем строится раковина новой амебы. При делении примерно половина цитоплазмы с запасными веществами выходит через устье раковины наружу и окружается новой раковиной. Основным местом обитания раковинных амеб являются пресные воды.

Пищей амебам служат главным образом бактерии, другие простейшие и водоросли. Амебы способны захватывать частицы, значительно превышающие размеры их тела.

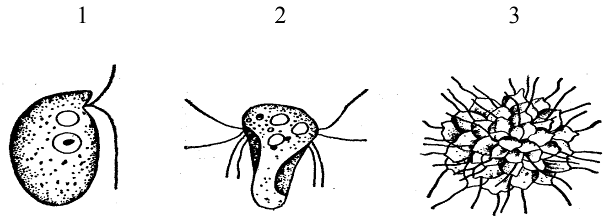
Кишечные амебы человека и животных питаются бактериальным содержимым кишечника. Большинство их видов безвредно, но некоторые, например дизентерийная амеба, вызывают тяжелые заболевания. Поселяясь под слизистой оболочкой кишок, амеба вызывает образование язв. Цисты ее сохраняют в воде жизнеспособность в течение 9 мес. Один больной в сутки выделяет до 300 млн. цист. Заражение амебной дизентерией происходит через воду.

Mastigophora (**или Flagellata**). Органами движения для представителей этого класса служат **жгутики** - тонкие нитевидные выросты цитоплазмы. Клетки имеют от одного до восьми жгутиков.

Класс жгутиковых объединяет разнообразные по способам питания простейшие организмы. **Окрашенные формы жгутиковых имеют светочувствительные пигменты (например, хлорофилл)** и могут питаться как зеленые растения. Массовое развитие окрашенных жгутиковых вызывает иногда «цветение» мелких водоемов. Пищей Mastigophora других видов служат растворенные органические вещества, поступающие в клетку через всю ее поверхность. Наконец, среди жгутиковых есть формы, имеющие ротовое отверстие, расположенное у основания жгута. Жгутики для них служат не только органами движения, но и способствуют захвату пищи. Такие жгутиковые способны питаться бактериями, мелкими водорослями. Некоторые из окрашенных жгутиковых способны изменять способ питания в зависимости от условий. **На свету они питаются как растения, а в темноте начинают интенсивно поглощать органические вещества.**

При размножении клетки делятся в продольном направлении.

На очистных сооружениях канализации чаще всего встречаются мелкие бесцветные жгутиковые, некоторые представители которых изображены на рисунке 2.



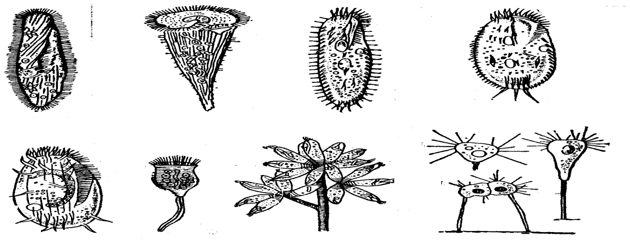
1-мелкие бесцветные жгутиковые (Bodo sp.);
2- Trepomonas steini; 3- Oicomonas socialis
Рис.2. Mastigophora

Infusoria. К этому классу относятся наиболее высокоорганизованные представители простейших, органами, движения которых являются **реснички** – короткие волосовидные выросты плазмы (рис. 3). Второй характерный признак инфузорий – **наличие в их клетках двух ядер**, различных по своим размерам и функциям**. Большому ядру** приписывается основная роль в регуляции обменных процессов, в частности синтеза белка. **Малое ядро** контролирует передачу наследственных признаков. Класс инфузорий делится на два подкласса: **ресничные инфузории (Ciliata), сосущие инфузории (Suctoria).**

Наиболее многочислен первый класс, насчитывающий более 3000 видов. Ресничные инфузории весьма разнообразны по форме, размерам, способам питания и образу жизни. Чаще всего инфузории имеют продолговато-овальную форму, тело некоторых (например, трубача) вытянуто в виде граммофонной трубы, иные напоминают колокольчики. Одни инфузории плавают в воде, другие прикрепляются к водным растениям и другим предметам, третьи ползают. Пищей большинству инфузорий служат бактерии и мелкие водоросли, но есть среди них организмы, питающиеся другими простейшими, в том числе и инфузориями. Немало инфузорий ведет паразитический образ жизни в организмах человека, животных и рыб.

Тело инфузорий покрыто тонкой, эластичной, очень прочной оболочкой – **пелликулой.** Благодаря эластичности пелликулы многие инфузории способны изгибать тело, сжиматься, принимать шарообразную форму.

1 2 3 4



5 6 7 8

Ресничные инфузории: 1- Paramecium caudatum, 2-Stentor coeruleus, 3-Oxytricha pellionella, 4-Stylonichia pustulata, 5-Euplotes haron , 6-Vorticella convallaria, 7-Opercularia glomerata;
сосущие инфузории: 8-Tokophria lemnarum

Рис. 3. Infusoria

Все инфузории, кроме некоторых паразитических форм, имеют ротовое отверстие, расположенное на дне околоротовой впадины. Вокруг рта расположены реснички, обычно более мощные и длинные, чем на других участках тела. С помощью этих ресничек пищевые частицы подгоняются ко рту и проглатываются инфузорией. Далее пища поступает в короткий канал (глотку), иногда выстланный ресничками. Пищевой комок у внутреннего края глотки обволакивается капелькой жидкости, выделяемой лизосомой. Так образуется пищеварительная вакуоль. По мере поступления пищи образуются новые вакуоли. При обилии питания этот процесс повторяется каждые 1 – 2 мин. Отрываясь от глотки, пищеварительная вакуоль подхватывается током цитоплазмы и совершает в клетке определенный путь, в течение которого происходит переваривание и всасывание растворенных веществ в цитоплазму. Длительность процесса пищеварения различна; у инфузории-туфельки она составляет около 1 ч. вакуоли с не переваренными остатками пищи собираются около порошицы, сливаются в одну вакуоль и выбрасываются наружу каждые 7 - 10 мин. Жидкие продукты обмена удаляются с помощью сократительной вакуоли.

У ресничных инфузорий чередуются **бесполое и половое размножение.** При этом клетка делится в поперечном направлении. Половой процесс наступает периодически через несколько поколений.

Подкласс ресничных инфузорий делится на несколько отрядов, характеризующихся различным строением ресничного аппарата.

Отряд равноресничных инфузорий наиболее многочисленный. Тело этих инфузорий равномерно покрыто ресничками. Типичными представителями, широко распространенными в водоемах и на очистных сооружениях, являются инфузории рода **Paramecium (инфузория « туфелька»).**

Отряд разноресничных инфузорий характеризуется наличием спирально расположенного около ротового отверстия пояса ресничек. К этому отряду относятся один из самых крупных инфузорий пресных вод – **трубачи (Stentor).**

Представители **отряда брюхоресничных инфузорий** кроме околоротового пояса ресничек имеют на брюшной стороне особые плотные щетинки, представляющие собой пучки склеенных ресничек. Благодаря им инфузории могут ползать по субстрату **(Stylonichia, Oxytricha, Euplotes).**

Подавляющее большинство представителей **отряда кругоресничных инфузорий** ведет сидячий образ жизни. Реснички расположены только около ротового отверстия. Движением ресничек создается водоворот в форме воронки, узкий конец которой обращен к ротовому отверстию. Взвешенные частицы осаждаются в нижней части воронки. Такой способ добывания пищи носит название седиментации и характерен для многих видов **инфузорий – седиментаторов**. С помощью длинных стебельков инфузории прикрепляются к растениям, раковинам, моллюскам, хлопочкам ила. Среди кругоресничных инфузорий есть как **одиночные (Vorticella convallaria**), так и **колониальные формы (Opercularia glomerata).**

Подкласс сосущих инфузорий представлен сидячими формами, лишенными во взрослом состоянии ресничек и не имеющими рта. Питаются эти инфузории с помощью особых сосательных щупалец – тонких трубочек с внутренним каналом и отверстием на конце, которыми, они ловят добычу (главным образом ресничных инфузорий). Пелликула пойманной инфузории растворяется, и эндоплазма по каналу щупалец перетекает внутрь сосущей инфузории.

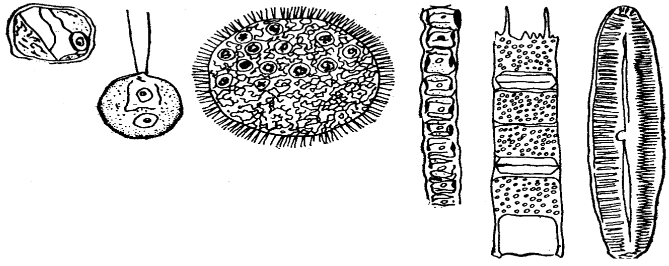
1.3.1.3. Водоросли

Клетки микроскопических водорослей подобно высшим растениям содержат **светочувствительные пигменты**, локализованные в специальных органеллах, называемых **хлоропластами.** Благодаря этому водоросли способны осуществлять **процесс фотосинтеза**. Снаружи клетки водорослей покрыты оболочкой. **Жесткая оболочка** выполняет защитные функции и участвует в регуляции осмотического давления в клетке. В центре клетки расположена вакуоль с клеточным соком. Тело водорослей (или таллом) может состоять из одной или множества клеток, образующих колонии или многоклеточные организмы.

Основным местом обитания водорослей являются водоемы, но многие из них хорошо растут и в почве, развиваются на очистных сооружениях водопровода и канализации. В водоемах водоросли находятся как в толще воды, так и на дне. Многие из них поселяются на стеблях высшей водной растительности.

Роль водорослей в природе и жизни человека огромна. Водоросли являются первичными накопителями органического вещества – источника питания животных организмов, обитающих в водной среде, и обеспечивают водоем кислородом. Они принимают участие в биологической очистке сточных вод, служат индикаторами степени загрязнения природных водоемов, используются как ценные калийные удобрения, как сырье для получения лекарственных препаратов, употребляются на корм скоту. Однако массовое развитие водорослей в природных водоемах (цветение) может принести и значительный вред. Цветение резко ухудшает органолептические свойства воды и создает осложнения в работе водопроводных станций.

В основу классификации водорослей положены различия в составе светочувствительных пигментов, морфологическое строение клетки, а также некоторые биохимические особенности, такие как характер запасных веществ, состав клеточной оболочки и др. Из существующих девяти типов водорослей, рассмотрим два, имеющие наибольшее значение для пресных водоемов - зеленые и диатомовые водоросли (рис. 4).



Зеленые водоросли : 1-Chlorella vulgaris, 2- Chlamidomonas simplex, 3- Volvox aureus, 4-Ulothrix zonata;
Диатомовые водоросли: 5-Melosira granulata, 6- Pinnularia viridis
Рис.4. Водоросли

Тип 1 - зеленые водоросли (Chlorophyceae). Это самый распространенный тип среди водорослей, объединяющий крайне разнообразные по строению организмы. Среди зеленых водорослей есть одноклеточные, многоклеточные и колониальные формы. У большинства видов этих водорослей клетки имеют целлюлозную оболочку, вакуоль с клеточным соком, как правило, одно дифференцированное ядро и хлоропласты, форма которых очень разнообразна: пластинки, сеточки, звездочки, диски. Зеленые водоросли содержат те же пигменты, что и высшие растения, т.е. **хлорофилл и каротин**. **Размножение половое и бесполое с** образованием подвижных **зооспор.**

К Chlorophyceae относятся **протококковые водоросли**, обитающие, в основном, в пресных водоемах, где они населяют водный слой. Это неподвижные одноклеточные или колониальные организмы. В колониях клетки удерживаются иногда общей слизью. Иногда за счет срастания целлюлозных оболочек отдельных клеток. Простейшим представителем протококковых является **Chlorella vulgaris.**

Вольвоксовые зеленые водоросли широко распространены в мелких стоячих водоемах, некоторые виды хорошо развиваются в сильно загрязненных местах, например на полях фильтрации и на биофильтрах. Растут вольвоксовые и в почве, и в проточных водоемах.

К одноклеточным вольвоксовым водорослям относится **Chlamidomonas.** Колонии вольвоксовых образуются из множества отдельных клеток. Например, **колония Volvox aureus** имеет вид шара, образованного из 200 - 300 клеток. Каждая клетка имеет два жгутика, благодаря которым шар вольвокса быстро движется в воде.

К **многоклеточным зеленым водорослям** относятся **улотриксовые**. Это, в основном, нитчатые формы, ветвящиеся и неветвящиеся. Клетки нити иногда покрыты общим слизистым чехлом. У молодых водорослей нити чаще всего прикреплены к субстрату, позднее они свободно плавают, образуя тину.

Тип 2 - диатомовые водоросли (Diatomea). Они представляют собой одноклеточные микроскопические организмы. Некоторые виды образуют колонии в виде нитей, лент, кустиков. Клетки имеют размеры от 4 до 1500 мкм, а колонии иногда достигают нескольких сантиметров.

В клетках диатомовых водорослей обнаруживаются оформленное ядро и хлоропласты. Последние **кроме хлорофилла содержат бурые пигменты, поэтому цвет водорослей желтоватый или темно-бурый. Клетки имеют пектиновую оболочку и панцирь**, состоящий из **кремнезема**. Панцирь является отличительной способностью диатомовых водорослей и, подобно коробке, состоит из двух створок, вдвинутых одна в другую. Форма и строение панциря весьма разнообразны у различных видов. При **размножении деление происходит в плоскости шва, образованного створками.** Каждая из дочерних клеток получает только одну створку, но немедленно после деления на свободной поверхности клетки образуется недостающая часть панциря.

Неблагоприятные условия (замерзание, высушивание) диатомеи переносят в виде покоящейся стадии. Переход в эту стадию не сопровождается образованием специальных клеток, наблюдается лишь частичное или полное обезвоживание цитоплазмы.

Диатомовые водоросли распространены, в основном, в водоемах; они населяют дно и толщу воды.

1.3.1.4. Грибы

Грибы составляют обширную группу организмов с совершенно особой биологической организацией. Тело гриба состоит из тонких нитей – **гифов**, образующих разветвленную структуру, называемую

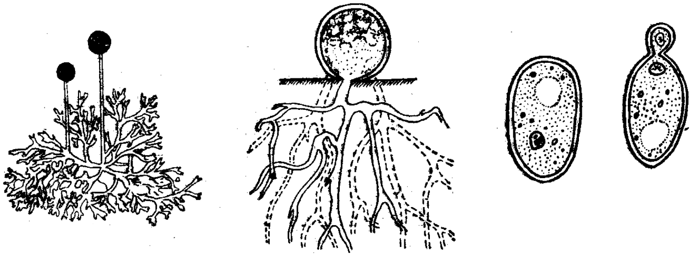
мицелием. Гифы представляют собой жесткие трубочки, заполненные многоядерной цитоплазмой. У одноклеточных грибов гифы не имеют перегородок, тогда как мицелий многоклеточных грибов септирован (разделен на клетки). Некоторые грибы не имеют мицелиального строения.

У грибов нет светочувствительных пигментов, питаются они, поглощая всей поверхностью тела разнообразные органические вещества. **Размножаются грибы спорами и обрывками гиф.**

Основным местом обитания грибов является почва, но некоторые виды обитают и в водной среде. Среди грибов есть много форм, паразитирующих на водорослях, простейших, рыбах, в организмах человека и животных, на высших растениях.

В пресных водах встречаются как специфические, активно размножающиеся водные грибы, так и некоторые виды почвенных грибов, приспособившихся к водной среде. Большинство из них относится к группе **примитивных грибов – фикомицетов.**

Для почвенных фикомицетов (рис. 5) характерно образование воздушных гифов, расширяющихся на конце и переходящих в округлый **спорангий**, внутри которого развивается большое количество спор.



1 2 3

Mucor mucedo; 2- водный фикомицет; 3- дрожжи

Рис.5. Грибы

Один из водных фикомицетов показан на рисунке 5 . Тело гриба представляет собой мешочек – спорангий диаметром около 100 мкм, прикрепленный к субстрату с помощью тонких ветвящихся нитей. В спорангии образуются клетки размножения – споры. При созревании

спор спорангий разрывается, и споры выходят наружу. Прорастая, спора превращается в растущий гриб.

В сточных водах могут обнаруживаться и другие виды грибов, используемых в быту и промышленности. К ним относятся **дрожжи, грибы родов аспергиллус и пенициллиум** и др.

Дрожжи не образуют мицелия, их клетки имеют круглую или яйцевидную форму размером 10 – 15 мкм (рис. 5). Применение дрожжей в промышленности связано с их способностью превращать сахар в этиловый спирт и углекислоту. Дрожжи применяются в хлебопечении, пивоварении, виноделии, спиртовой промышленности. Соответственно и сточные воды этих производств содержат клетки дрожжей.

1.3.2. Низшие протисты

1.3.2.1. Структура прокариотической клетки

Строение клеток низших протистов значительно более простое, чем клеток высших протистов. При этом различное строение ядерного аппарата не является единственным признаком, отличающим эукариотическую клетку от прокариотической.

Одним из основных структурных компонентов клетки прокариотов является **клеточная оболочка**. В состав клеточной оболочки бактерий входят сложные молекулярные комплексы, состоящие из белков, полисахаридов и жироподобных веществ. Будучи жесткой, она служит как бы скелетом клетки, придавая ей определенную форму. Клетки цианобактерий покрыты эластичной пектиновой оболочкой. Клеточная оболочка прокариотов образует своеобразный барьер на пути прохождения растворенных веществ из окружающей среды внутрь клетки.

У некоторых видов бактерий на поверхности клетки образуется слой слизи, образующий как бы футляр – капсулу. Слизь, выделяемая бактериями, может частично диффундировать в окружающую среду. Выделение слизи у отдельных видов бактерий бывает настолько сильным, что капсулы отдельных клеток сливаются, образуя **зооглеи** – скопления слизистой массы с вкрапленными в нее клетками. Образование слизи характерно и для многих видов цианобактерий.

К числу поверхностных структур клеток многих бактерий относятся **жгутики –** органы движения, представляющие собой длинные очень тонкие нити, спиральные, волнистые или изогнутые.

Длина жгутиков может во много раз превышать длину тела бактерии. Количество и расположение жгутиков являются характерным видовым признаком. Некоторые виды бактерий имеют один жгутик (**монотрихи)**, у других жгутики располагаются пучками на одном или обоих концах клетки **(лофотрихи), у третьих** имеется по одному жгутику на обоих концах клетки (**амфитрихи**), у четвертых они покрывают всю поверхность клетки **(перитрихи)**.

К оболочке вплотную прилегает **цитоплазматическая мембрана.** Она обладает - пропускает внутрь клетки и отводит из нее **избирательной проницаемостью** определенные вещества. Благодаря такой способности мембрана играет роль органнеллы, концентрирующей питательные вещества внутри клетки и способствующей выведению наружу продуктов жизнедеятельности. Внутри клетки всегда наблюдается повышенное по сравнению с окружающей средой осмотическое давление. Цитоплазматическая мембрана обеспечивает его постоянство. Кроме того, она является местом локализации ряда ферментных систем, в частности окислительно-восстановительных ферментов, связанных с получением энергии (у эукариотов они находятся в митохондриях). **В отличие от клеток эукариотов в прокариотической клетке отсутствует деление ее на отсеки. Клетки прокариотов не имеют ни комплекса Гольджи, ни митохондрий, не наблюдается у них и направленного движения цитоплазмы. Явления пиноцитоза и фагоцитоза прокариотам не свойственны. Из органелл только рибосомы аналогичны рибосомам эукариотов.**

Во многих бактериальных клетках обнаружены особые мембранные структуры – **мезосомы**, образовавшиеся в результате впячивания цитоплазматической мембраны внутрь клетки. Роль их до сих пор окончательно не выяснена. Существуют предположения об участии мезосом в важнейших внутриклеточных процессах деления клетки, синтеза веществ клеточной оболочки, энергетическом обмене.

В цитоплазме прокариотов часто обнаруживаются **твердые, жидкие или газообразные включения.** Один из них имеют приспособительные назначения: например, газовые вакуоли цианобактерий, позволяющие им регулировать плавучесть в вертикальной плоскости. Другие включения играют роль запасных веществ и откладываются клеткой в условиях обильного питания. В качестве запасных веществ в клетках могут откладываться **полисахариды (гликоген, крахмал, гранулеза), липиды** (в виде гранул и капелек жира**), полифосфаты** (такие как **волютин)**, вещества

белкового характера (**цианофициновые гранулы** у цианобактерий). У многих серных бактерий в клетках откладывается молекулярная сера.

1.3.2.2. Бактерии

Бактерии составляют обширную группу микроорганизмов, широко распространенных в природе и играющую важную роль в практической деятельности человека, в частности в процессах очистки сточных вод. До сих пор не существует единой классификации бактерий, поскольку систематика их очень сложна. В нашей стране широкое распространение получила **классификация Н.А. Красильникова**. Согласно которой, бактерии отнесены к группе низших бесхлорофильных организмов и разделяются на четыре класса:

1) истинные бактерии;
2) спирохеты;
3) актиномицеты;
4) миксобактерии.

Классы делятся на порядки, семейства, роды и виды. Наименование бактерий складывается из двух слов: первое обозначает род и пишется с прописной буквы, второе – вид, к которому принадлежит бактерия и пишется со строчной буквы. Например, Bacillus subtilis (сенная палочка).

Истинные бактерии. К ним относятся бактерии трех основных форм с жесткими клеточными оболочками: **шаровидные, палочковидные и извитые бактерии (рис.6).**

Шаровидные бактерии называются **кокками (от греч. coccus – ягода**). В зависимости от расположения клеток после деления бактерий различают:

1) **моно-** или **микрококки** – располагаются одиночно;
2) **диплококки** – располагаются попарно, так как деление клетки происходит в одной плоскости;
3) **стрептококки** – делятся в одной плоскости, но особи не отделяются друг от друга и образуют длинные цепочки;
4) **тетракокки** – образуют группы из четырех клеток, что обусловлено делением клетки в двух взаимно перпендикулярных плоскостях;
5) **сарцины** – образуют скопления кубической формы в результате деления клетки в трех различных плоскостях;

6) **стафилококки** – делятся неправильно в нескольких плоскостях, их скопления напоминают кисть винограда.

1 2 3 4 5

6 7 8 9 10

1- Микрококки, 2-диплококки, 3- стептококки,
4- тетракокки, 5-сарцины, 6-стафилококки, 7-палочки,
8-вибрионы, 9- спириллы, 10-спирохеты

Рис.6. Морфологические типы бактерий

Диаметр шаровидных бактерий не превышает 1 – 2 мкм. Клетки неподвижны.

Палочковидные бактерии, как и кокки, могут быть одиночными, соединяться попарно или в длинную цепочку по три и более клетки. Средняя длина палочковидных бактерий составляет 2 – 7 мкм при диаметре 0,5 – 1 мкм. Среди палочковидных бактерий есть **подвижные и неподвижные формы**. Орган движения – жгутик.

Несколько особняком стоят **нитчатые бактерии**, представляющие собой длинные нити из соединенных вместе палочковидных клеток, покрытых общим чехлом. В отличие от описанных выше форм бактерий, нитчатые бактерии являются многоклеточными организмами. В пределах нити, как и у остальных бактерий, клетки размножаются простым делением. Кроме того, нитчатые формы имеют специальные клетки размножения, образующиеся из концевых клеток нити – **гонидии (подвижные, имеющие жгутики) и конидии (неподвижные).** Нитчатые бактерии – типичные водные организмы. Нити их имеют толщину в среднем 1 – 7 мкм. Длина этих бактерий достигает таких размеров, что они видны даже невооруженным глазом.

Некоторые виды палочковидных бактерий способны на определенной стадии развития **образовывать споры,** по своим функциям аналогичные цистам простейших. Спорообразование связано обычно с неблагоприятными условиями среды: понижение содержания влаги, отсутствие питательных веществ и т.д.

В клетке всегда образуется только одна спора. Процесс спорообразования начинается с уплотнения цитоплазмы в ядерной зоне и обособлении ее вместе с ДНК перегородкой, образующейся из цитоплазматической мембраны. Затем, на отсеченном участке цитоплазмы, формируются двухслойная мембрана и оболочка споры, выполняющая защитные функции, так как она мало проницаема для воды и растворенных веществ и обеспечивает большую устойчивость спор к внешним воздействиям. Споры многих болезнетворных бактерий сохраняют жизнеспособность в почве в течение нескольких лет. Споры способны выдерживать действие высоких температур (например, спора сенной палочки не теряет жизнеспособности даже после 3-ч кипячения).

У некоторых видов диаметр споры превышает ширину клетки, что придает **ей форму веретена или барабанной палочки** в зависимости от места расположения споры. Веретенообразные спороносные бактерии называются **клостридиями (от англ. closter – веретено)**. Другие спороносные бактерии называются **бациллами.**

Попадая в благоприятные условия, **спора прорастает.** Процесс превращения споры в растущую (вегетативную) клетку начинается с поглощения ею воды и набухания споры. Внутри споры происходят химические изменения, затем споровая оболочка разрывается и образуется вегетативная клетка.

Извитые формы бактерий в зависимости от степени изогнутости делятся на **вибрионы**, имеющие вид запятой, и **спириллы** с одним или несколькими завитками. Длина клетки вибрионов не превышает 1 – 3 мкм. Длина тела спирилл колеблется от 5 до 30 мкм при толщине 0,25 – 1 мкм. Все извитые бактерии **двигаются с помощью жгутиков.**

Спирохеты. К ним относятся одноклеточные организмы, имеющие, как и спириллы, извитую форму. В отличие от спирилл клеточная оболочка спирохет эластична, благодаря чему они **способны двигаться, винтообразно изгибая тело**. Характерной особенностью спирохет является крайне малый диаметр клетки (от 0,1 до 0,6 мкм) при относительно большой (от 5 до 500 мкм) длине тела. **Размножаются спирохеты делением клетки.**

Актиномицеты. Переплетение нитей **образует мицелий,** подобный мицелию гриба. Эти актиномицеты, как и грибы, **размножаются спорами.** Клетки их обладают признаками и бактерий, и грибов, но в отличие от последних не имеют структур, свойственных эукариотам. **Размножаются делением и перешнуровыванием.** Актиномицеты обитают в воде, почве, на растительных и животных остатках. Многие актиномицеты, развиваясь в воде, придают ей специфический землистый запах

Миксобактерии. Представители этого класса характеризуются способностью **образовывать большое количество слизи,** в которой они обитают. Клетки имеют палочковидную или веретенообразную форму. В отличие от истинных бактерий миксобактерии **передвигаются за счет активного изгибания тела.** Для большинства миксобактерий характерен сложный жизненный цикл развития с образованием плодовых тел.

1.3.2.3. Сине-зеленые водоросли (цианобактерии)

Группа цианобактерий представлена одноклеточными, колониальными и нитчатыми формами. Отличительной особенностью цианобактерий является своеобразная сине-зеленая окраска, обусловленная присутствием в их клетках **четырех светочувствительных пигментов: зеленого, синего, красного и желтого.** В зависимости от количественного соотношения пигментов меняется и окраска клеток. Колониальные формы цианобактерий образуются в результате слияния слизи отдельных клеток. Как правило, колонии не имеют определенной форме. У нитчатых форм клетки в пределах одной нити могут быть одинаковыми или разными по величине и форме. Сверху клетки нити покрыты общим слизистым чехлом. У некоторых видов нити способны ветвиться. Часто наблюдается образование гетероцист, расположенных в нити через определенное число клеток. **Гетероцисты** образуются из вегетативных клеток, но по размеру значительно превосходят их. Они имеют плотную оболочку, но через поры сообщаются с соседними клетками. Предполагают, что гетероцисты – специализированные клетки, осуществляющие фиксацию азота.

Многие виды цианобактерий **способны образовывать споры.** У одних видов споры, как у истинных бактерий, являются формой, наиболее устойчивой к неблагоприятным условиям. В этом случае из одной клетки образуется только одна спора. У других цианобактерий

споры, как у грибов, служат способом размножения. В этом случае внутри материнской клетки формируется множество мелких спор, освобождающихся при разрыве оболочки.

Распространены цианобактерии буквально повсеместно. Их находят в больших и малых соленых и пресных водоемах, в почве, на скалах, в пустыне и в Арктике. Такое широкое распространение цианобактерий связано, прежде всего, с их чрезвычайной устойчивостью к действию неблагоприятных условий и удивительной нетребовательностью к питательным веществам.

1.3.3. Ультрамикробы

В группу ультрамикробов входят вирусы и фаги.

Вирусы (от лат. virus – яд) отличаются от других микроорганизмов отсутствием клеточной структуры. Они не имеют ни ядра, ни оболочки, ни цитоплазмы. Размеры вирусов колеблются от десятых до тысячных долей микрометра. В состав большинства вирусов входят белок и одна из нуклеиновых кислот. Вирусы поражают растения, животных и человека. Они способны размножаться только внутри живых клеток, легко переносят высушивание и низкие температуры, но чувствительны к действию ультрафиолетовых лучей.

Вирусы, поражающие бактерии, называются **бактериофагами** (буквально – пожиратели бактерий) или просто **фагами**. Они имеют округлую или многогранную головку и отросток в виде белковой трубочки. Головка окружена белковым чехлом и содержит ДНК или РНК. Прикрепляясь к клеточной стенке, бактериофаг как бы просверливает ее, и ДНК фага через отросток поступает в клетку. Фаговая ДНК так перестраивает механизм обменных процессов бактерии, что в ней начинает синтезироваться частицы фага. Через определенное время все содержимое клетки превращается в зрелые фаговые частицы, оболочка бактерии растворяется, и фаги выходят наружу.

1.3.4. Другие организмы малых размеров

Природные и сточные воды служат временным или постоянным местом обитания целого ряда более высокоорганизованных организмов, имеющих малый размер.

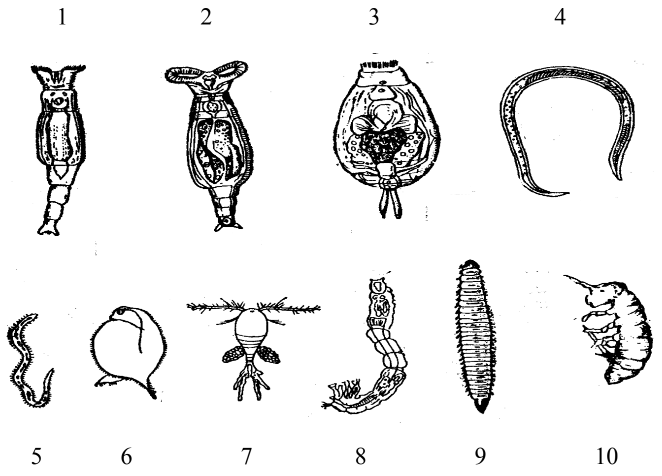
Коловратки (Rotatoria) – микроскопические многоклеточные животные. У большинства коловраток довольно четко можно выделить головной отдел, туловище и ногу. Нога заканчивается пальце - или кинжалообразными отростками, с помощью которых коловратки могут прикрепляться к субстрату. Головной отдел Rotatoria снабжен **коловращательным аппаратом,** состоящим из разнообразно расположенных ресничек различной длины. Реснички находятся в постоянном движении, за счет чего животное движется и к ротовому отверстию подгоняется пища (бактерии, простейшие, органический детрит). Пища через рот попадает в глотку и затем в пищеварительный аппарат, состоящий из желудка, кишки и выделительных органов. Туловище коловраток покрыто панцирем.

Коловратки широко распространены в природных водах, некоторые виды обитают в почве. На очистных сооружениях канализации часто встречаются Philodina roseola, Callidina vorax, Cathypna luna (рис. 7).

Черви (Vermes). Из червей, обитающих в природных водоемах и развивающихся на очистных сооружениях канализации, наибольшее значение имеют **малощетинковые черви – олигохеты и круглые – нематоды** (рис.7).

К числу самых распространенных **олигохет** относятся Limnodrilus и Aelosoma длиной 0,2 – 10 мм. Более крупные Tubifex (1 – 4 см) и Nais (0,5 – 2 см) очень непритязательны в выборе места обитания, хорошо развиваются в водоемах с грязной водой. Живут олигохеты, зарывшись в ил. Пища их состоит преимущественно из органического детрита. Заглатывая иловые частички, черви частично минерализуют их.

Круглые черви тоже илоеды, живут в водоемах и развиваются на очистных сооружениях и в биофильтрах. Среди червей много форм, ведущих паразитический образ жизни на одной или нескольких стадиях своего развития. К ним относятся гельминты, паразитирующие в организме человека. Яйца гельминтов, таких как аскариды, власоглавы, острицы, с физиологическими выделениями людей попадают во внешнюю среду, где развиваются



Коловратки: 1-Philodina roseola, 2-Gallidina vorax, 3-Gathypna Luna; черви: 4-Nematoda, 5- Tubifex tubifex;низшие ракообразные: 6-дафния, 7-циклоп;личинки насекомых: 8- Chironomus plumosus, 9-Psychoda, 10- Podura

Рис .7. Некоторые организмы малых размеров

до инвазионной стадии (стадии, на которой они могут вызвать заражение). При этом они длительное время сохраняют жизнеспособность даже в неблагоприятных условиях благодаря наличию в скорлупе яиц внутренней полупроницаемой липоидной оболочки. Поэтому вода открытых водоемов и почва могут быть источниками заражения человека паразитирующими червями.

Низшие ракообразные. Среди обитателей пресных водоемов к этой группе относятся **веслоногие и ветвистоусые рачки**. Веслоногие рачки, из которых наиболее распространены **циклопы и диаптомусы,** плавают с помощью нескольких пар грудных ног. Органами движения ветвистоусых рачков **(дафний)** служат антенны, оперенные плавательными щетинками (рис.7).

Низшие ракообразные питаются, процеживая воду через специальные органы. Отфильтрованная взвесь сжимается в комочки и поступает в рот. По способу добычи пищи рачков относят к активным **фильтраторам**. Пищей им служат бактерии, микроскопические водоросли, органические взвешенные вещества. Сами рачки служат пищей рыбам.

Личинки насекомых. У многих насекомых (комаров, мошек, стрекоз и др.) некоторые стадии развития протекают в водной среде. Вследствие этого личинки и куколки насекомых составляют значительную часть населения больших и малых водоемов. В определенные периоды они развиваются и на очистных сооружениях, в частности в биофильтрах.

Личинки насекомых населяют илистое дно водоемов, обитают в водной среде, роют ходы в берегах рек. Развиваясь в больших количествах, они служат пищей рыбам и играют важную роль в минерализации органических веществ.

Одни виды личинок собирают детрит со дна, другие питаются, фильтруя воду через специальные органы, либо строя для этой цели ловчие сети-домики, третьи соскребают пищевые частицы с поверхности растений и их остатков.

К числу самых распространенных донных организмов пресных вод относятся личинки Chironomida. Они обитают в лужах, болотах, больших реках и озерах. Большинство из них питается детритом, но есть и хищные виды, нападающие на низших рачков и более мелких личинок.

Личинки Chironomida, личинки и куколки мушки Psychoda и насекомые Podura в большом количестве развиваются в биофильтрах (рис. 7).

1.4. Микроорганизмы и окружающая среда

Жизнь микроорганизмов неразрывно связана с окружающей средой. С одной стороны, деятельность микробов приводит к значительным изменениям окружающей среды в результате удаления из нее питательных веществ и выделения продуктов обмена; с другой стороны, интенсивность обменных процессов внутри клетки во многом зависит от условий (факторов) окружающей среды. Факторы окружающей среды, влияющие на деятельность микроорганизмов, подразделяют на три категории: физические, химические и биологические.

Физические факторы. К важнейшим физическим факторам, обусловливающим активность микроорганизмов, относятся влажность, температура, свет. Для активного роста и развития микробов необходимо наличие в среде воды. Доступной для них формой является **вода в капельножидком состоянии.** Именно поэтому температурный интервал, в котором возможна жизнь

микроорганизмов, ограничен температурами от -2^0С (или ниже в средах с высоким осмотическим давлением) до + 100^0С. По отношению к температуре микроорганизмы делятся на три группы:

1. **Психрофилы, или холодолюбивые (от греч. psychria - холод, phileo – люблю).** Эти микроорганизмы способны развиваться в интервале от – 2 до + 30^0С. Оптимальной для них является температура 10 – 15^0С. К организмам этой группы относятся обитатели северных морей, почв, некоторые микроорганизмы очистных сооружений канализации.
2. **Термофилы, или теплолюбивые (от греч. therme – тепло).** Температурный диапазон их развития 30 – 85^0С с оптимумом около 50 – 60^0С. Микроорганизмы этой группы обитают в горячих источниках и в гниющем навозе. Термофильные бактерии участвуют в процессе сбраживания осадков на городских сооружениях канализации.
3. **Мезофиллы (от греч. mesos – средний).** Эти микроорганизмы развиваются в интервале температур от 5 до 50^0С. Оптимальной для них является температура 25 – 37^0С. К мезофильным микроорганизмам относится большинство бактерий, простейших, грибов. К этой же группе относятся и все **патогенные** для человека и теплокровных животных организмы.

Способность развиваться при определенной температуре следует отличать от способности переносить ту или иную температуру. Так, многие микроорганизмы при температуре ниже нуля сохраняют жизнеспособность длительное время, но активная их жизнедеятельность при такой температуре приостанавливается. Споры многих бактерий не погибают даже при температуре жидкого водорода (-252^0С).

Значительно менее устойчивы микроорганизмы к действию высоких температур. Большинство неспороносных бактерий погибает при температуре 70^0С в течение 10 – 15 мин., при 100^0С в течение 1 мин. Губительное действие высоких температур связано с **денатурацией белков.**

Большинство микроорганизмов хорошо растет в темноте, исключение составляют **фототрофы,** использующие энергию солнечного луча. Прямой солнечный свет губительно действует на микроорганизмы. **Микробоцидное (убивающее) действие** его обусловлено главным образом **ультрафиолетовой частью спектра.** Адсорбция ультрафиолетовых лучей белками и нуклеиновыми кислотами клетки приводит к необратимым

химическим изменениям. Наиболее чувствительны к действию света вегетативные клетки. Большинство патогенных микробов более чувствительно к ультрафиолетовым лучам, чем **сапрофиты.** Эти лучи обладают низкой проникающей способностью и действуют, в основном, на поверхности.

Химические факторы. Концентрация водородных ионов оказывает существенное влияние на развитие микроорганизмов. Большинство бактерий предпочитает среды с pH, близким к нейтральному (6,5 – 7,5). Однако есть некоторые виды бактерий, хорошо растущих в щелочной или более кислой среде. Благоприятной средой для развития грибов является среда с pH = 4 – 6 , а актиномицеты лучше растут в щелочной среде.

Отклонение pH от оптимальных значений влечет за собой снижение активности ферментов, изменение проницаемости цитоплазматической мембраны для отдельных ионов и нарушение обменных процессов.

Многие химические соединения обладают **антимикробным действием.** При этом одни из них только задерживают развитие микробов **(микробостатическое действие)**, другие обладают **микробоцидными свойствами**. Такие соединения обычно называют **ядами.** Однако абсолютных ядов не существует, и степень их воздействия на микроорганизмы зависит от концентрации, продолжительности контакта и вида микробов. Многие яды в очень малых концентрациях оказывают даже стимулирующее действие, повышая биохимическую активность микроорганизмов.

Среди неорганических веществ **микробоцидным эффектом обладают соли тяжелых металлов, такие окислители, как хлор, озон, бром, йод.** Соединения **серебра и меди проявляют микробоцидное действие и называются олигодинамическими (от греч. oligos – малый).** Сильными ядами для микробов являются и некоторые органические соединения: **фенолы, спирты, формалин** и т.д. В то же время многие из этих веществ специфическими группами микроорганизмов могут использоваться в качестве источников углеродного питания. Целый ряд химических соединений – микробных ядов используется для обеззараживания различных материалов. Микробоцидное действие сильных окислителей лежит в основе широко применяемых методов обеззараживания питьевых и сточных вод.

Биологические факторы. Различные виды организмов образуют сложные сообщества – **биоценозы**, представляющие собой не случайное скопление организмов, а организованную систему с многообразными типами взаимоотношений между представителями отдельных видов. Основными типами взаимоотношений между микроорганизмами являются **симбиоз, метабиоз и антагонизм**.

Симбиотические отношения приносят взаимную выгоду симбионтам. Совместный рост таких организмов протекает лучше, чем развитие их по отдельности. Примером симбиотических взаимоотношений является симбиоз зеленых водорослей и инфузорий. Водоросль, поселяясь внутри тела инфузории, использует энергию света для превращения CO_2 в органические вещества, выделяя при этом кислород. Инфузория потребляет кислород для окисления органических веществ в процессе дыхания, образуя в итоге CO_2.

Широко распространенным типом взаимоотношений является **метабиоз**, при котором жизнедеятельность одних микроорганизмов создает условия для развития других. Метабиотические взаимоотношения обусловливают последовательность превращений одних веществ в другие и лежат в основе круговорота веществ в природе. Примером таких взаимоотношений могут служить сообщество **факультативных и облигатных анаэробов**, осуществляющих процесс брожения осадков сточных вод в метантенках, а также нитрифицирующие бактерии родов Nitrosomonas и Nitrobacter.

Антагонистические взаимоотношения между микроорганизмами очень разнообразны. Это и хищничество (пожирание бактерий простейшими), и паразитизм (уничтожение бактерий бактериофагами), и выделение в среду продуктов обмена, снижающих жизнедеятельность других организмов или убивающих их. Например, конечный продукт обмена молочнокислых бактерий – молочная кислота – препятствует развитию гнилостных бактерий. Некоторые виды грибов и актиномицетов выделяют в среду биологически активные вещества – **антибиотики**, обладающие бактерицидным действием.

Антагонизм в микромире является одним из важнейших факторов, определяющих состав биоценозов.

2. ВВЕДЕНИЕ В БИОТЕХНОЛОГИЮ

Биотехнология - одна из самых старых и одновременно одна из самых молодых наук и отраслей промышленности.

Биотехнология предполагает использование в промышленности биологических систем или процессов.

Согласно определению ***Европейской ассоциации биотехнологов*** (третий съезд, Мюнхен, 1984 г):

Биотехнология - это интегрированное использование биохимии, микробиологии и инженерных наук с целью технологического применения способностей микроорганизмов.

Использование научных достижений в биотехнологии тесно связано с фундаментальными исследованиями в различных областях знаний и осуществляется на самом высоком уровне современной науки. В течение последних десятилетий в нашей стране создана новая отрасль – микробиологическая промышленность с самой большой в мире мощностью производства кормовых дрожжей и парафинов. Разработано отечественное производство кормового лизина, различных ферментных препаратов и др. Развивается производство микробиологических продуктов на предприятиях медицинской и микробиологической, пищевой промышленности, а также в сельском хозяйстве и на заводах химреактивов в химической промышленности.

Многоликость биотехнологии видна из того, что она охватывает многие науки, такие как: ***генетика, микробиология, технология пищевых продуктов, химическая технология, электроника***. Все они вносят вклад в развитие биотехнологии.

Тесно связана с биотехнологией ***биоинженерия***. Ее задачи - создание аппаратуры биотехнологических процессов (биореакторов, специфичных систем аэрации, теплообмена, перемешивания, стерилизации питательных сред и воздуха), разработка контрольной и измерительной техники, а также масштабирование и моделирование биотехнологических процессов.

Объектами биотехнологии являются отдельные части клеток (митохондрии, рибосомы, хромосомы, мембраны и т.д.), сами клетки и их коллективы - клеточные культуры, отдельные микроорганизмы (грибы, водоросли, бактерии, простейшие, вирусы и т.д.), и их колонии, а также самостоятельные многоклеточные растительные и животные организмы.

Микроорганизмы - это удивительно совершенные творения природы. Микробная клетка в состоянии жить и размножаться,

используя в качестве источника питания часто только один-единственный органический субстрат и минеральные соли. Бактерии способны жить в аэробных и анаэробных условиях при температурах, близких к 0 и +80 ^{O}С. Отдельные виды микроорганизмов находят в струях гейзеров при температурах 105 ^{O}С, в сверх соленых озерах, например в знаменитом Мертвом море, в вечной мерзлоте Арктики, в океане на глубине 11 км, в атмосфере на высоте 41 км. Некоторые бактерии прекрасно себя чувствуют в воде, охлаждающей ядерные реакторы, остаются жизнеспособными, получив дозу радиации в 10 тысяч раз превышающую смертельную дозу для человека. Они выдерживают двух недельное пребывание в глубоком вакууме, не погибают в открытом космосе в течение 18 ч под смертоносным воздействием солнечной радиации.

Совершенный, точно регулируемый ***метаболизм*** микробной клетки позволяет ей расти с огромной скоростью. Так деление бактерий ***Escherichia coli*** (кишечная палочка), при росте на полноценной среде, происходит каждые 30 мин.

Если сравнить клетку с машиной, то это очень совершенная машина, имеющая ***коэффициент полезного действия до 70 %*** (превращение углерода субстрата в углерод клеточной биомассы).

Быстрый рост численности населения нашей планеты и исчерпание природных ресурсов - источников питания, кормов и сырья для перерабатывающей промышленности - не позволяют развивать народное хозяйство традиционными методами. Это определяет ***актуальность развития биотехнологических процессов сегодня и позволяет считать их наиболее перспективными.***

2.1. Прошлое и настоящее биотехнологии

Человек использовал биотехнологию многие тысячи лет. По свидетельству легенд и народных сказаний древности люди с незапамятных времен готовили из сока винограда вино, делали сыр из скисшего молока, поражали врагов и диких зверей стрелами, наконечники которых были пропитаны смертельным ядом. ***Археологические раскопки в Двуречье*** помогли найти сохранившиеся остатки пекарен и пивоварен, которые были построены соответственно за 6000 и 2000 лет до н.э.

Человек наблюдал многие удивительные явления: происходящие в живых организмах, таких как свертывание крови, дозревание и разложение мясных, рыбных и растительных продуктов. Почему все

это происходило, он долгое время не мог объяснить. Наши предки не имели представления о процессах, лежащих в основе знакомых им технологий домашнего производства продуктов питания и их хранения. Они действовали интуитивно, пользуясь микроорганизмами, не догадываясь об их существовании. Но в течение тысячелетий успешно применяли метод микробиологической ферментации для приготовления и сохранения пищи.

И лишь в начале 19 века, были обнаружены вещества, вызывающие подобные превращения. Они получили названия ***ферментов***. Люди научились делать мыло из жиров, изготавливать простейшие лекарства и перерабатывать отходы.

Становлению и развитию биотехнологии как науки предшествовали открытия в области микробиологии таких ученых как: Хук, Левенгук, Женнер, Пастер, Кох и др.

Первым из людей, заглянувших в таинственный мир микроорганизмов, стал ***голландский естествоиспытатель Антони ван Левенгук*** (1632 г. - 1723 г.г.). Он изготовил линзы, которые увеличивали в 100-300 раз. Самостоятельно шлифуя оптические стекла, он добился превосходного качества. Рассматривая с их помощью растворы и настои, он увидел причудливых "зверушек", постоянно снующих в разные стороны. Левенгук назвал их **"анималькулюс**", что по латыни означает "зверушка". Он первым описал и зарисовал микроорганизмы. В письме № 17 в Лондонское королевское общество он так описывает это открытие: *« После всех попыток узнать, какие силы в корне действуют на язык и вызывают его раздражение, я положил приблизительно пол-унции корня в воду: в размягченном состоянии его лучше изучать. Кусочек корня оставался в воде около трех недель. 24 апреля 1676 г я посмотрел на эту воду под микроскопом и с большим удивлением увидел в ней огромное количество мельчайших живых существ».*

В конце 19 века благодаря трудам ***французского ученого Луи Пастера*** были созданы реальные предпосылки для дальнейшего развития прикладной микробиологии, а также в значительной мере и биотехнологии. Пастер всегда стремился к тому, чтобы его работы непосредственно служили людям. Он знал, какую огромную роль играет виноделие в развитии экономики Франции. Порча вина приносила стране и виноделам большие убытки. Требовалось найти научное объяснение причинам вызывающим это явление. Будучи ценителем и любителем вина, Пастер стал **изучать процесс брожения**, который считался многими учеными чисто химическим явлением. Уче-

ный сделал вывод о том, что брожение происходит только в присутствии живых организмов - дрожжей и является биологическим явлением. Порчу вина, он объяснил тем, что при попадании бактерий в вино происходит вытеснение дрожжей и вино превращается в уксус. Для предотвращения порчи Пастер предложил сразу по окончании брожения подогревать вино до 60 - 70 ^{O}C, не доводя до кипения. Вкус вина при этом сохраняется, а бактерии погибают. Этот процесс теперь называют - ***пастеризацией***. Так обрабатывают молоко, пиво, вино.

Таким образом, Луи Пастер установил, что ***микробы играют ключевую роль в процессах брожения, и показал, что в образовании отдельных продуктов участвуют различные их виды***. Его исследования послужили основой развития в конце 19 и начале 20 веков ***бродильного производства органических растворителей*** (ацетона, этанола, бутанола и изопропанола) и других химических веществ, где использовались разнообразные виды микроорганизмов. И сегодня многие химические соединения получают путем брожения, самым выгодным с экономической точки зрения способом.

Пастер открыл ***возможность жизни без кислорода.*** Так живут, в частности масляно-кислые бактерии, делающие горьким вино, молоко, пиво.

К дальнейшему изучению микроорганизмов Пастера подтолкнула смерть дочери Жанны от тифа. Он предположил, что бактерии вызывают не только "болезни вина", но и людей. Пастер доказал, что, прививая ослабленных микроорганизмов - возбудителей, можно создавать у организма невосприимчивость к болезни - ***иммунитет***. Прививочный материал Пастер назвал ***вакциной***. Открыл вакцину против бешенства.

В настоящее время процессы биохимической технологии широко используются при производстве ценных биологически активных веществ (антибиотиков, ферментов, гормонов и др.), для предотвращения загрязнения окружающей среды, защиты растений от болезней и вредителей, в крупномасштабном производстве белков и аминокислот, предназначенных в качестве добавок к кормам в животноводстве.

Новая биотехнология началась после открытия ***Дж. Уотсоном и Ф.Криком*** строения ДНК. Главным объектом исследований до сих пор остается живая клетка, но центральное место в экспериментах занимают ***манипуляции с ДНК.*** Пользуясь методами генетической инженерии, создаются искусственные, заранее запрограммированные структуры в виде ***рекомбинантных ДНК***, осуществляют

трансплантацию генов между разными видами микробных клеток, а также между клетками одноклеточных и многоклеточных организмов. Многообразны биотехнологические манипуляции с клеточными структурами и протопластами. ***Развитие генетической и клеточной инженерии*** позволило получать ранее недоступные вещества - в первую очередь лекарственные препараты (интерфероны, гормоны роста, инсулин человека и др.). Разработка методов генетической инженерии, основанных на создании рекомбинантных ДНК, привела к ***"биологическому буму",*** свидетелями которого мы являемся. Эти методы не только открывают возможности улучшения уже освоенных процессов и продуктов, но и дают нам совершенно оригинальные способы получения новых веществ, позволяют осуществлять новые процессы.

На третьем съезде Европейской ассоциации биотехнологов (Мюнхен, 1984г) ***голландский ученый Е. Хаувинк*** разделил историю развития биотехнологии на пять периодов, учитывая основные открытия, способствующие ее развитию.

2.2. Открытия и разработки, способствовавшие становлению и развитию биотехнологии как науки

Допастеровская эра (до 1858 г.)

1665 г. Описана клеточная структура некоторых растительных тканей, наблюдаемая с помощью системы линз (Р. Хук)

1673 г. С помощью примитивного микроскопа увидены одноклеточные, спустя 10 лет увидены бактерии (А. Левенгук)

1769-1780 г. Получены в чистом виде ряд органических кислот: винная, молочная, яблочная, щавелево-уксусная, лимонная, бензойная (Г. К. Шеле).

1789 г. Получена уксусная кислота в кристаллическом виде, так называемая ледяная уксусная кислота (Т. Ловиц)

1796 г. Первая успешная вакцинация человека – вакцинация против оспы (Э. Дженнер)

1831 г. В результате наблюдения в микроскопе сделан вывод, что ядро является важной и незаменимой частью клетки (Р. Браун)

1836 г. Опубликованы наблюдения, что в осадках, остающихся после брожения, содержатся частицы, способные размножаться (К.де Латур)

1838–1845гг. Разработана теория клеток, согласно которой структурной и функциональной единицей растений и животных

является клетка, которая содержит ядро (М. Я. Шлейден, Т. Шван, Р. Вирхов)

1857 г. Доказано, что спиртовое брожение происходит только в присутствии живых дрожжей. Начало микробиологии как дисциплины биологических наук (Л. Пастер).

Послепастеровская эра (1858 г. – 1949 г.)

1859 г. Описана материальная эволюция живой природы (Ч. Дарвин)

1865 г. Экспериментально обоснованы и сформулированы законы наследственности (И. Г. Мендель)

1875-1879 гг. Открыто оплодотворение яйцеклетки и слияние двух пронуклеусов (О. Гершвиг, Г. Фоле)

1875 г. Разработан метод чистых культур микроорганизмов, гарантирующий содержание в инокулянте только определённого вида микроорганизмов (Р. Кох)

1881 г. Получены первые чистые культуры грибов (О.Бефельд)

1885 г. Доказано, что клетки куринного эмбриона сохраняют жизнеспособность в солевом растворе вне тела животных – первое исследование анабиоза животных (Э. П. Ру)

1886 г. Первые комплексные исследования физиологии грибов – начало новой дисциплины – микробиологии (А. де Бари)

1887 г. Первые попытки использовать антагонизм микробов в целях защиты от инфекционных заболеваний (А. Павловский)

1888-1901 гг. Установлена фиксация атмосферного азота микроорганизмами – клубеньковыми бактериями (М. Бейернк, Х. Хелригел, Х. Вильфарт)

1893 г. Установлена способность плесневых грибов синтезировать лимонную кислоту (К. Вемер)

1894 г. Создан первый ферментный препарат, полученный из плесневого гриба, выращенного на влажном рисе (И. Такамине)

1897 г. Установлено, что бесклеточные экстракты дрожжей способны расщеплять сахара с образованием диоксида углерода и спирта. Заложены основы энзимологии (Ф. К. Бюхнер)

1906 г. Изобретен метод хроматографии (М. С. Цвет)

1908 г. Создана единая теория иммунитета (И. И. Мечников, П. Эрлих)

1910 г. Первое успешное применение бактериальных инсектицидов (С. М. Метальников)

1910 г. Доказана способность специфических вирусов способствовать возникновению некоторых разновидностей раковых заболеваний – сарком (П. Раус)

1911-1920 гг. Сформулирована хромосомная теория наследственности (Т. Х. Морган)

1925 г. Установлена возможность искусственного мутагенеза микроорганизмов (грибов) под влиянием рентгеновского излучения (Г. А. Надсон, Г. С. Филиппович)

1926 г. Получен первый фермент в кристаллическом виде – уреаза – и доказано, что этот белок обладает каталитической активностью (Д.Самнер)

1928 г. Получен в чистом виде первый витамин – витамин С – в виде кристаллов (А. Сент-Дьердьи)

1928 г. Экспериментально доказана способность плесневых грибов синтезировать антибактериальные вещества (А. Флеминг)

1931 г. Создан первый просвечивающий микроскоп с использованием потока электронов (М. Кнолл, Э. Руска)

1933 г. Изобретен метод качалочного культивирования микроорганизмов. С этого времени началось конструирование более сложной ферментационной аппаратуры, что дало возможность использовать в промышленности метод глубинного культивирования (А. И. Клуйвер, Л. Х.Перквин)

1933 г. Начало использования электрофореза для разделения белков в растворе (Д. Тизелиус)

1934 г. Представлена первая подробная рентгенограмма белка – кристаллов фермента пепсина Бернал)

1936 г. Опубликована теория различных уровней сложности организации материи (Нидхем)

1938-1945 гг. Открыт процесс аэробного ресинтеза аденозинтрифосфорной кислоты - АТФ (В. А. Энгельгардт)

1938 г. Создан электронный микроскоп (М. Арден)

1939 г. Установлена способность некоторых мутантов дрожжей ассимилировать парафины и другие углеводороды. Начало использования в микробиологической промышленности нетрадиционных видов сырья (Т. А. Таусон)

Эра антибиотиков (1941 г. – 1960 г.)

1942 г. Сформулировано учение об антибиотиках, введены понятие и термин ”антибиотики” (С. А. Ваксман)

1944 г. Открыт стрептомицин (Б. М. Ваксман)

1944 г. Установлено, что ДНК представляет генетическую информацию и переносит ее при трансформации клеток (О. Т. Эйвери, К. Мак-Леод, М. Мак-Карти)

1950-1960 гг. Фундаментальное исследование физиологии молочнокислых бактерий (Е. И. Квасников)

1953 г. Установлена модель двойной спирали ДНК. Расшифрован механизм действия генетического аппарата Дж. Уотсон, Ф. Крик)

1953 г. Обобщено микробиологическое разложение целлюлозы (А. А. Имшенецкий)

1955-1965 гг. Создана теория непрерывной ферментации (И. Малек, З. Фенце)

1955 г. Обнаружено, что клетки животных способны длительное время существовать и размножаться в определенной смеси низкомолекулярных соединений и комплекса белков сыворотки. Начало практического культивирования тканевых культур (Х. Игл)

1957 г. Открыт интерферон – важный фактор иммунологической системы животных и человека (А. Айсакс, И. Линдеман)

Эра управляемого биосинтеза (1961 г.- 1975 г.)

1961 г. Установлена способность мутантов бактерий к сверхсинтезу аминокислот. Начало микробного синтеза аминокислот (С. Киносита, К. Накаяма, С. Китада)

1961 г. Создана концепция энергетического сопряжения – основы мембранной биоэнергетики (О. Митчел)

1962 г. Получены данные о существовании фермента ДНК-рестриктазы, используемой для расщепления молекулы ДНК в определенных местах (В. Абер, Г. Смит, Д. Натанс)

1968 г. Расшифрован генетический код и его функции в синтезе белков (Р. Холли, Х. Г. Корана, М. Ниренбергер)

1968 г. Синтез гена в лаборатории (Х. Г. Корана)

1969 г. Изолирован ген из генетического материала клетки (Дж. Беквит, Д. Шапиро, И. Ирон)

1972 г. Разработана теория клонирования ДНК (П. Берг)

1972 г. Установлен химический состав антител – важного фактора иммунологической системы у животных (Дж. Эдельман, Р. Портер)

1975 г. Путем гибридизации соматических клеток получены гибридомы, секретирующие моноклональные антитела (Г. Келер, К. Мильштейн)

Новая эра (после 1975 г.)

1977 г. При помощи рекомбинантных бактерий получен первый гормон – соматостатин (К. Итакури, Х. Бойер)

1977-1979 гг. Химический синтез генов соматостатина и инсулина. Создание прибора – синтезатора олигонуклеотидов (фрагментов молекулы ДНК) с заданной последовательностью нуклеотидов (К. Итакури)

1979 г. Определена структура простейшего генератора электрохимического потенциала клетки (Ю. А. Овчинников)

1981 г. Микрохирургическая трансплантация эмбрионов с целью быстрого размножения высокопродуктивных экземпляров (Вилландсон)

1985-1988 гг. Разработаны основы бесклеточного синтеза белка в протоке (А. С. Спирин)

2.3. Перспективы развития биотехнологии

Дальнейший прогресс человечества связывают с активным внедрении во все сферы жизни электроники и биотехнологии.

Биотехнология должна решать глобальные проблемы современной цивилизации***:*** угроза экологического и энергетического кризисов, истощение запасов полезных ископаемых, нехватка продовольствия.

Сфера применения методов биотехнологии расширится и будет охватывать такие области, как:

- пищевая промышленность (продукты питания и пищевые добавки);
- сельскохозяйственное производство (выведение новых и продуктивных видов сельскохозяйственных растений и животных и переработка сельскохозяйственных отходов, борьба с болезнями растений и животных);
- здравоохранение (диагностика, профилактика и лечение заболеваний с применением современных медикаментов и медицинской техники);
- химическая промышленность (производство клеев, детергентов, красителей, волокон, вкусовых добавок, желирующих веществ, загустителей, душистых веществ, пигментов, смазок, восков и др.);
- биоэнергетика (применение и использование нетрадиционных источников энергии);

- мониторинг и охрана окружающей среды (воздух, вода и почва), обезвреживание твердых отходов, очистка сточных вод и газовых выбросов;
- биогеотехнология - добыча минерального сырья на суше и в море;
- биоэлектроника, фотография, аналитические приборы.

3. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИИ

3.1. Применение биотехнологии в медицине

Традиционные продукты биотехнологии - антибиотики, вакцины, гормоны, представляют наибольший интерес в терапевтической деятельности. Получение этих продуктов с улучшенными свойствами очень актуально.

Важным этапом в развитии биотехнологии ценных веществ была ***организация промышленного производства антибиотиков***. Отправной точкой здесь послужило открытие ***Флеммингом, Флори и Чейном*** химиотерапевтической активности пенициллина (1940 г.). Сегодня годовой оборот этой отрасли составляет около 2 млрд. фунтов стерлингов. Отечественная наука внесла весомый вклад в расширение ассортимента антибиотиков. Сегодня известно ***6000 антибиотиков,*** продуцируемых грибами, актиномицетами, бактериями и другими микроорганизмами.

Антибиотики - это специфические продукты жизнедеятельности, обладающие высокой физиологической активностью по отношению к определенным группам микроорганизмов и к злокачественным опухолям, задерживающие их рост.

Важнейшие антибиотики, применяемые сегодня, часто вызывают побочные реакции:

- пенициллины, цефалоспорины (аллергические реакции);
- стрептомицин, канамицин, амикацин (токсическое действие на слуховой нерв и почки);
- тетрациклины, эритромицины, грамицидин (токсичность) и др.

Токсичность существующих препаратов является причиной повышенного внимания к развитию класса новых антибиотиков. Новые антибиотики, такие как рокситромицин, султамицин, лифоран и другие характеризуются высоким уровнем безопасности.

Гормоны - продукты, получаемые из органов и тканей животных и человека (крови донора, удаленных при операциях органов, трупного материала).

Важнейшие гормоны - инсулины, интерфероны, гормоны роста.

Гормон роста - ***соматотропин***, получали из гипофиза человека. Каждый гипофиз содержит его не более 4 мг. Для лечения одного ребенка карлика требуется 7 мг в неделю. С применением ***генно-инженерных штаммов E-coli*** получают 100 мг гормона роста на 1л среды культивирования.

Инсулин - гормон поджелудочной железы, основное средство лечения сахарного диабета. Раньше получали из поджелудочной железы быка и свиньи. Препарат отличался от человеческого инсулина тремя аминокислотными звеньями, что вызывало аллергические реакции при его применении. Путем генно-инженерных модификаций животного инсулина удалось получить продукт неотличимый от человеческого инсулина.

Интерфероны - вещества выделяемые клетками человека и животных в ответ на инфицирование вирусами. Обладают антивирусной активностью, стимулируют деятельность иммунной системы и препятствуют развитию рака.

Интерферон раньше получали из крови до 1 мкг из 1 л крови, что соответствовало одной дозе. В настоящее время его получают с применением ***генно-инженерных штаммов E-coli***, причем из такого же объема культуры кишечной палочки (1 л), извлекают тысячу доз продукта.

Вакцины - изготавливают на основе ослабленных, инактивированных возбудителей болезней. Разработка современных вакцин основана также на генно-инженерном подходе.

Большое влияние на развитие медицины оказывает ***биоэлектроника и биоэлектрохимия.*** В последние годы здесь достигнуты заметные успехи. Создан ряд чувствительных б***иодатчиков.*** Действие большинства разработанных на сегодня датчиков основано на улавливании продуктов действия ферментов. Для этого используются обычные электроды с иммобилилизованной на них биологической системой, называемые - ***биодатчики, биосенсоры.*** Новые подходы в этой области ставят своей целью создание более чувствительных и эффективных приборов и расширение сферы их применения. ***В основе работы таких устройств лежит процесс прямого переноса электронов между электродами и окислительно-восстановительными центрами белков.***

Так, в медицине широко применяются ферментсодержащие датчики для определения содержания глюкозы. Основное применение они находят при регуляции содержания сахара в крови у больных диабетом. Недостаточно точный контроль уровня сахара при этой болезни приводит к развитию опасных для жизни побочных процессов диабета. Использование датчиков позволяет замкнуть цепь контроля в аппаратах ***"искусственная поджелудочная железа".***

3.2. Применение биотехнологии в энергетике

Биоэнергетика - это область биотехнологии связанная с эффективным использованием энергии, запасаемой при фотосинтезе биомассой.

В последние годы не мало говорится об ***"энергетическом кризисе": запасы ископаемого топлива ограничены, а население растет, и потребление энергии все увеличивается.***

Известно, что около 99.4%, доступной нам не ядерной энергии мы получаем от Солнца, и часть ее аккумулируется в биомассе, хотя и с малой эффективностью.

Растения используют свет с длиной волны от 400 до 700 нм, т.е. доля ***фотосинтетически активной радиации (ФАР)*** составляет 50% всего солнечного света.

Усредненная максимальная эффективность превращения энергии при фотосинтезе составляет 5-6%. В зонах с умеренным климатом эффективность преобразования энергии составляет 0.5 - 1.3%.

Основные процессы ***фотосинтеза*** протекают в ***хлоропластах***, которые поглощают CO_2, поступающий в растение путем диффузии. ***Фотосинтез состоит из двух этапов***:

- преобразование энергии фотонов в химическую энергию, которая накапливается в форме АТФ водорода связанного с коферментом НАДФ;

- образование углеводов из CO_2 с участием H_2 и АТФ.

$$12\ H_2O \xrightarrow{\text{свет}} 12\ [H_2] + 6\ O_2 + \text{АТФ} \quad \textit{фотолиз}$$

$$6\ CO_2 + 12\ [H_2] \xrightarrow{\text{темнота, АТФ}} C_6H_{12}O_6 + 6\ H_2O \quad \textit{фотоассимилиция}$$

Преимущество использования солнечной энергии, заключенной в биомассе, в том, что она запасается в форме

органических веществ и поэтому ее можно хранить и перемещать во времени и в пространстве

Биомассу можно сжигать или довольно простыми способами при помощи микроорганизмов превращать в жидкое или газообразное топливо (метан, этиловый спирт или водород). По этой причине ***биомасса*** представляет собой постоянно ***возобновляемый источник энергии.***

Сырье, используемое для производства биотоплива: древесина, масленичные растения, водоросли.

Ранее основным путем использования растительного сырья в качестве топлива во всем мире было ***прямое сжигание***. В настоящее время - это система термической модификации такого сырья: ***пиролиз, газификация и гидрогенизация.***

3.2.1. Характеристика растительного сырья как источника энергиа

Древесина

Достоинства древесины: выход продукции в пересчете на гектар очень высок (подсчитано, что лесоводческая "энергоферма" может ежегодно давать около 10 - 30 тонн биомассы с гектара); разведение лесов требует гораздо меньше вложений, чем выращивание других культур. ***Недостатки древесины***: длительность роста; главный компонент древесины лигноцеллюлоза, очень сложна для переработки.

Водоросли

После сбора проводят анаэробную ферментацию водорослей с получением биогаза. ***Достоинств***а: быстрый рост и легкость сбора с поверхности водоема (ежегодный выход составляет 50 - 80 тонн с гектара); при выращивании водорослей на жидких и полутвердых отходах решается одновременно две задачи: обезвреживание отходов и получение биогаза. ***Недостаток*** - большое содержание влаги, что препятствует прямому сжиганию.

Из зеленой водоросли ***Botryococcus braunii*** получают вещество аналогичное дизельному топливу, поскольку 75% сухой массы представлено углеводородами от C_{17} до C_{34}. После сбора водорослей эти углеводороды легко отделить экстракцией каким-либо растворителем или методом деструктивной отгонки.

Масленичные растения

Растительные масла могут быть использованы в качестве топлива и получены из сои, подсолнечников, пальм, кокосовых орехов, арахиса, тыквы, эвкалипта и т.д. Эти масла используются как топливо в чистом виде или в смеси с дизельным топливом для **применения в двигателях компрессионного зажигания.** Ежегодный выход продукции составляет 1-5 тонн масла с гектара посевов подсолнечника и сои. Однако прежде чем принимать решение об использовании этих масел как топлива, необходимо оценить их стоимость, а также количество энергии, необходимое для выращивания масленичных растений и переработки сырья. Нет смысла выращивать растения и получать из них литр растительного масла, если при этом затрачивается два литра первосортного горючего.

Перспективы развития биоэнергетики биотехнологи видят в следующем:

- ***повышение эффективности конверсии солнечного света в биомассу***, например, путем выращивания водорослей при высокой концентрации углекислого газа и ограниченной освещенности в биореакторах со строго контролируемыми условиями роста;
- ***использование нетрадиционных источников энергии.***

3.2.2. Альтернативные источники энергии и их получение

3.2.2.1. Этанол

Это экологически чистое топливо, дающее при сгорании CO_2 и H_2O*.* ***Теплота сгорания этанола 30 кДж/г.***

Его используют в двигателях внутреннего сгорания в чистом виде или как 10 - 20% добавку к бензину – ***газохол.*** В США газохол заменяет 10% потребляемого бензина. Широкое внедрение газохола планируется в странах Западной Европы.

Хотя этиловый спирт можно использовать для приготовления пищи, обогрева, освещения или производства пара и электричества, особой выгоды получить, здесь не удается. Дело в том, что в процессе превращения биомассы в топливо происходит значительная потеря энергии. Энергия тратиться на всех стадиях переработки спирта. Больше всего ее тратиться на концентрирование и обезвоживание спирта при перегонке. Энергию эту можно получать из отходов растительного сырья (багассы, соломы и т.д.), сжигая древесину или ископаемое топливо, газ, нефть или уголь. В целом, энергозатраты на

переработку сырья близки к количеству энергии, получаемой в форме спирта. По этой причине энергообеспечение всего процесса должно идти либо за счет переработки отходов, либо за счет использования самого дешевого топлива.

Химизм спиртового брожения

Основной продукт спиртового брожения - этиловый спирт, в незначительных количествах образуются и другие спирты.

В основе процесса лежит сбраживание сахаров до ***пировиноградной кислоты***, которая затем декарбоксилируется с образованием ***ацетальдегида и углекислого газа:***

$$CH_3O = C_2H_4O + CO_2$$

Ацетальдегид принимает водород от ***комплекса кофермента НАД с водородом*** и превращается в этиловый спирт:

$$C_2H_4O + H_2 = C_2H_5OH$$

Основной возбудитель спиртового брожения - ***дрожжи рода Saccharomyces***, но способностью к сбраживанию углеводов и образованию спиртов обладают и другие низшие грибы и бактерии.

Дрожжи разнообразны по морфологическим признакам. Лучше всего ***дрожжи развиваются при температуре +25-30 ^{0}С в условиях слабокислой реакции среды (рН 4-6) и могут доводить концентрацию спирта в среде до 15-17 % .***

Дрожжи - классический пример зависимости обмена веществ от условий окружающей среды. Это аэробные организмы, поэтому при получении хлебопекарных и кормовых дрожжей применяется интенсивная аэрация. При отсутствии кислорода дрожжи переходят к брожению. По этой причине технология производства вина, пива, спирта предусматривает анаэробные условия. В качестве субстрата все дрожжи потребляют гексозу. Полисахариды дрожжи, как правило, не используют, но они сбраживают образующиеся в результате гидролиза моносахариды. При гидролизе клетчатки образуются гексозы, а при расщеплении гемицеллюлоз - пентозы. На гексозах выращивают спиртовые дрожжи. Для выращивания кормовых дрожжей пригодны сточные воды многих производств. Используются, например, сточные воды производства лимонной кислоты, расширяется культивирование

кормовых дрожжей на отходах нефтепродуктов, т. е. их производство решает одновременно две задачи:

- получение ценного кормового продукта;
- снижение концентрации загрязнения в сточных водах.

Основная масса спирта вырабатываемого на крупных предприятиях получают с помощью ***дрожжей Saccharomyces***, обычно S.cerevisiave, но иногда и S.uvarum и S.diastaticus. Первая задача здесь заключается в подборе соответствующих видов дрожжей подходящих для переработки данного субстрата. Дрожжи S.cerevisiae могут расти на глюкозе, фруктозе, мальтозе и мальтотриозе, т.е. на сахарах, содержащихся в сахар - или крахмалсодержащих растений. Вид дрожжей S.diastaticus может также использовать декстрины, а виды Kluyveromuces fragilis и K.lactus - лактозу.

Как было отмечено, образование этилового спирта дрожжами - это ***анаэробный процесс,*** но для их размножения нужен кислород. В следовых количествах кислород нужен и для поддержания жизнедеятельности клеток, образующих этанол. В ходе метаболизма осуществляется сложная регуляция образования этанола из глюкозы. Сам процесс метаболизма, жизнеспособность клеток, их рост, деление и образование спирта зависят от концентрации субстрата, кислорода и конечного продукта.

Существует ***три основных способа сбраживания сахарсодержащего сырья: периодический, периодический с повторным использованием клеток и непрерывный.***

При ***периодическом процессе*** субстрат сбраживается после внесения в него свежевыращенной закваски, полученной в аэробных условиях. Брожение протекает в анаэробных условиях, и весь оставшийся субстрат превращается при этом в спирт. После завершения брожения дрожжи удаляют, и для следующего цикла получения спирта выращивают новую порцию закваски. Размножение дрожжей является дорогостоящей процедурой, так как расходуется много субстрата. При использовании дрожжей по периодической схеме около 5% сахара расходуется на рост клеток и обеспечение энергией синтеза других соединений: глицерола, уксусной кислоты, ацетальдегида и сивушных масел. По этой причине максимальный выход составляет около 48% процентов от субстрата по массе. При использовании дрожжей продуктивность варьирует в пределах 1-2 г. этилового спирта в 1ч. на 1г. клеток (сухого вещества).

Недостатки периодического процесса (длительное сбраживания и неполное использование субстрата) можно частично устранить,

применяя ***периодическую схему с повторным использованием клеток***. При этом в конце цикла дрожжевые клетки отделяют от сбреженной пульпы и сохраняют для использования в следующем цикле. По завершении сбраживания концентрация спирта составляет 6-12%. Она зависит от штамма дрожжей и начальной концентрации сахара.

Повышение выхода спирта и стабилизация активности его продуцентов могут быть достигнуты путем ***иммобилизации клеток***. Так эффективный синтез этанола осуществлен с применением клеток Z.mobilis, иммобилизованных на хлопчатобумажных волокнах.

В большинстве случаев, поскольку за пищевой спирт нужно платить большой налог***, алкоголь денатурируют***. Для этого в спирт добавляют вещества, придающие ему горький вкус, или смешивают его с бензином.

Главным ***побочным продуктом производства являются углекислый газ, сивушные масла и кубовые остатки***. Каждый из них имеет определенную ценность, но переработка жидких остатков может быть затруднена. Производство этанола из растительного сырья не является безотходным, на каждый литр спирта приходится 12 - 14 литров сточных вод с высокой концентрацией отходов, опасных для природных экосистем.

3.2.2.2. Метан

Биометаногенез - процесс анаэробного сбраживания отходов, в результате, которого образуется ***биогаз*** (смесь метана и углекислого газа).

Содержание метана в биогазе составляет от 50 до 85 %. Присутствие углекислого газа ограничивает ***теплотворную способность биогаза, которая в зависимости от содержания*** CO_2 ***составляет 20.9 - 33.4 кДж/м***^{3}.

Количество образующегося метана в биогазе зависит от содержания белка в сырье: чем оно больше, тем богаче биогаз метаном.

Обычно биогаз образуется со скоростью 0,5м^3 на килограмм сухои массы летучих компонентов; время удержания составляет около 15 суток.

Получение метана - важный путь утилизации сельскохозяйственных отходов. При переработке сырья в анаэробных условиях участвует ***смешанная популяция микроорганизмов разных видов.***

Неочищенный биогаз обычно используют для приготовления пищи и освещения. Его можно применять как топливо в стационарных установках, вырабатывающих электроэнергию. ***Сжатый газ*** в баллонах пригоден как топливо для машин и тракторов. Его можно подавать в газораспределительную сеть. В последнем случае требуется некоторая ***очистка биогаза***: осушка, удаление углекислоты и сероводорода.

Процесс метанообразования отличается высокой эффективностью: до 90-95% используемого углерода переходит в метан. Поэтому метаногенные ассоциации с успехом используют для ***очистки сточных вод от органических соединений*** с одновременным получением высококалорийного топлива.

Наряду с биогазом метаногенные ассоциации образуют ***другие ценные продукты***, например ***витамин В12***. После переработки органического субстрата в биогаз остается материал, представляющий собой ***ценное минеральное удобрение (азотное, фосфорное).*** До 5-10% потребленного углерода превращается при сбраживании в биомассу ***(активный ил)***, которая тоже находит применение на сооружениях биохимической очистки воды.

В анаэробном реакторе (***метантенке)*** можно перерабатывать самое разнообразное сырье: отходы сельского хозяйства (испорченные растительные или пищевые продукты); стоки перерабатывающих предприятий, содержащие сахар; жидкие отходы, образующиеся на сахарных заводах или при отжиме растительного масла; бытовые отходы; сточные воды городов и спиртовых заводов.

Непосредственно к образованию метана способна небольшая группа микроорганизмов, относящихся к ***архибактериям***. Жизнедеятельность метанобразующих архибактерий протекает в строго анаэробных условиях. Субстратами для образования метана могут служить муравьиная и уксусная кислоты, метанол, газовые смеси (H_2+CO, H_2+CO_2). Поскольку биогаз получают практически из сложных органических веществ (целлюлозы, крахмала, белков, липидов, нуклеиновых кислот), то для метанообразования применяют многокомпонентные микробные ассоциации.

Наряду с метанобразующими бактериями в состав таких ассоциаций входят микроорганизмы, переводящие органические субстраты в метанол, муравьиную и уксусную кислоты, водород, угарный газ и т.д. Примером может служить метаногенная ассоциация *"Methanbacillus Kuzneceovii"*, образующая метан при разложении биомассы водорослей.

По особенностям обмена веществ ***смешанные популяции микроорганизмов можно подразделить на три основные группы***: ***первая*** осуществляет первичный распад полимерных веществ, ***вторая*** образует летучие жирные кислоты, в частности уксусную, водород и углекислый газ, ***а третья*** - метан (метанобразующие бактерии).

В осуществлении первой стадии процесса принимают участие разнообразные анаэробные бактерии, превращающие в растворимые вещества множество соединений, включая целлюлозу, жиры и белки. Ключевую роль при этом играют процессы разложения целлюлозы, так как большинство видов сырья или сточных вод обогащены лигноцеллюлозой. Конечные продукты, обладающие свойствами ингибитора, удаляются с помощью бактерий второй группы, которые превращают различные сахара, аминокислоты и жирные кислоты в летучие жирные кислоты, и углекислый газ и водород.

В ходе этого процесса образуется ряд летучих жирных кислот (молочная, уксусная, пропионовая и др.), но главным субстратом при синтезе метана является уксусная кислота. Эта система очень чувствительна к резким скачкам температуры.

По оптимальной температуре жизнедеятельности бактерии можно отнести к одной из трёх групп**: термофильным организмам, живущим при 50 – 60 °С, мезофильным (30 – 40 °С) и психрофильным, предпочитающим комнатную температуру (около 20 ° С).** При повышенной температуре скорость распада исходного сырья, особенно целлюлозы, увеличивается. Скорость образования метана лимитируется интенсивностью процессов разложения сырья.

Время удерживания можно уменьшить, если повысить температуру. Для получения тепла можно сжигать часть получаемого метана (а в крайних случаях - и весь газ).

Бактерии, работающие на ***первом этапе***, лучше всего растут при ***pH от 6 до 7***. В культуре рост многих разлагающих целлюлозу бактерий подавляется по механизму ***обратной связи*** при накоплении конечных продуктов гидролиза. Однако в смешанной популяции бактерий, существующей в анаэробном реакторе, происходит быстрое усвоение этих продуктов и подавление не так выражено. В результате скорость разрушения полимеров оказывается выше, чем можно было бы ожидать.

Конечные продукты, обладающие свойствами ингибитора, удаляются с помощью ***бактерий второй группы***, которые превращают различные сахара, аминокислоты и жирные кислоты в летучие жирные

кислоты, CO_2 и водород. В ходе этого процесса ***образуется ряд летучих жирных кислот (молочная, уксусная, пропионовая и др.), но главным субстратом при синтезе метана является уксусная кислота. Метанобразующие бактерии могут также*** синтезировать метан из CO_2 и H_2. Оптимум pH для них тот же (6-7), что и для бактерий первой группы, и это важно, поскольку нарушение баланса образования и потребления кислот приведет к падению pH, если система не обладает достаточными буферными свойствами.

Всякое падение pH по этой причине преимущественно сказывается на активности ***метанобразующих бактерий третьей группы,*** что вызывает дальнейшее окисление среды и прекращение образования метана. С этим можно бороться, ***добавляя известняк или аммиачную воду***, но при внесении ионов аммония следует соблюдать осторожность. Метанобразующие бактерии могут использовать аммиак как источник азота, но при высоких концентрациях он ингибирует их рост. К числу других веществ и соединений, способных ***ингибировать процесс***, относятся **кислород и окисленные соединения, такие, как нитрат и нитрит, сульфиды, цианиды, свободные ионы металлов (меди, цинка и никеля), галогены, формальдегид и сероводород.**

Установки для производства биогаза по принципу все возрастающего объема можно сгруппировать следующим образом:

- реакторы в сельской местности в развивающихся странах (обычно имеют объем 1-20 $м^3$);
- реакторы на фермах развитых стран (объем 50-500 $м^3$);
- реакторы, перерабатывающие отходы промышленности, например, сахарных, спиртовых заводов (объем 500-10000 $м^3$);
- свалки бытовых и промышленных отходов.

Понятно, что детали технического устройства таких систем могут сильно различаться. Так, существует ***несколько конструкций небольших реакторов*** - от простейшей бродильной ямы в грунте с фиксированным объемом газа до подземных или полуподземных баков с металлическим или резиновым накопителем газа с изменяющимся объемом. Эти установки могут работать в режиме полного вытеснения, полного перемешивания, в режиме контактных процессов, как ***анаэробные фильтры*** или реакторы с ***псевдоожиженным слоем***. Конструкция таких устройств определяется типом перерабатываемого сырья.

В Китае, Индии, ряде других стран эксплуатируются небольшие установки, в которые вносят подручный материал (солому, навоз и

др.), что исключает затраты на доставку сырья. В Китае действует более 7 млн. малых установок вместимостью 10-15 литров, достаточных для удовлетворения энергетических потребностей семьи из пяти человек.

Наиболее крупными установками для синтеза метана можно считать ***свалки бытового мусора***. О самой возможности использования метана, образующегося в таких мусорных кучах, задумались, когда стали искать способы для предотвращения взрывов и пожаров, возникающие в результате выделения в них газа. Кислород, оказавшийся в мусоре при образовании куч, быстро используется аэробными бактериями и грибами, в результате чего условия в них становятся анаэробными. Влажность поддерживается либо просачивающейся дождевой водой, либо грунтовыми водами. Если буферная способность материала достаточна для поддержания нейтральных значений pH, то складываются благоприятные условия для образования метана. Газ выделяется в смеси с углекислым газом. Собирают его при помощи труб, проложенных в толще мусора под пленкой.

3.2.2.3. Водород

Водород это абсолютно чистое топливо, дающее при сгорании лишь воду. Отличается исключительно высокой ***теплотворной способностью 143 кДж/г.***

Химические и электрохимические методы получения водорода неэкономичны, поэтому весьма актуально использование микроорганизмов способных выделять водород в процессе своей жизнедеятельности.

Перспективным считается ***модификация самого процесса фотосинтеза***, в результате которой энергия света с максимальной эффективностью используется на образование водорода или другого топлива, минуя стадию фотоассимиляции CO_2 и синтеза компонентов клетки.

Биотехнологи изучают возможность получения водорода путем расщепления воды при участии фотосистемы фотосинтезирующих организмов, т.е. путем ***биофотолиза***.

Биофотолизом - называется процесс образования H_2 и O_2 из воды с помощью микроорганизмов.

Более тридцати лет назад было сделано замечательное открытие. Установлено, что если взять ***мембраны, содержащие хлорофилл, и добавить к окружающему раствору ферменты (гидрогеназы),***

действующие как катализаторы, то на свету будет происходить разложение воды на водород и кислород. Сегодня уже созданы небольшие **фотореакторы**, в которых при надлежащих условиях образование водорода идет с надлежащей скоростью, до нескольких литров водорода в минуту. Однако фотобиологический способ получения водорода еще не вышел из стен лаборатории.

Технически проще всего получить водород, используя ***интактные сине-зеленые водоросли*** или процессы ферментации (брожения).

Опыты с ***цианобактериями (сине-зелеными водорослями)*** и ***зелеными водорослями*** показали, что они способны образовывать водород и кислород путем ***прямого фотолиза воды***. Лежащий в основе этого явления процесс фотосинтеза сформировался в результате генно-инженерной деятельности Природы. Процесс выделения водорода водорослями протекает с участием ферментов ***гидрогеназы или нитрогеназы***.

Фотосинтезирующие бактерии не способны разлагать воду, но могут на свету образовывать большие количества водорода (без примесей кислорода) или аммиака. Для этого им нужны только простые органические и неорганические субстраты. Такие вещества содержатся в промышленных отходах, и поэтому превращение солнечной энергии фотосинтезирующими бактериями вполне может быть сопряжено с переработкой отходов.

Высокоэффективными продуцентами водорода являются пурпурные ***фототрофные бактерии***, например *Rhodopseudomonas sp.*, которые при иммобилизации (закреплении) в агарозном теле дают до 180 мкмоль водорода за 1 час в пересчете на 1 мг бактериохролофилла.

К сожалению, получение водорода как топлива пока остается ***на уровне поисковых разработок***.

3.2.2.4.Биофотоэлектрические преобразователи энергии

На уровне теоретической разработки находится идея непосредственного ***преобразования энергии солнца в электрическую*** - ***биофотоэлектрические преобразователи энергии.***

Предлагается использовать ***компоненты биологических мембран*** для генерации электропотенциалов. Таким путем можно попытаться создать солнечную батарею. В связи с этим, в последнее время пробудился большой интерес к разработке ***биотопливных***

элементов, с помощью которых можно с высокой эффективностью и при обычной температуре получать из ряда видов топлива и биомассы электрическую энергию.

Таким образом, удалось создать ***водородный элемент***, дающий достаточную плотность тока. Он успешно работает при низких температурах и пригоден для крупномасштабного производства энергии. Был предложен ряд элементов, использующих ***другие виды топлива (спирты, углеводороды)***, но они работают лишь при высоких температурах и дают ток небольшой плотности при малом коэффициенте полезного действия. Это обстоятельство не позволяет использовать их в качестве крупномасштабных преобразователей энергии. Возможно, что в ближайшее время они найдут применение в специальных областях энергетики для получения дешевой электроэнергии путем переработки стоков, отходов или окиси углерода.

Некоторые типы топливных элементов используются сегодня для других целей. Так, один из них применяется в качестве датчика в детекторах, выявляющих ***наличие спирта в выдыхаемом воздухе.***

3.3. Производство пищевых продуктов и напитков

Традиционно использование микроорганизмов при производстве различных сортов пива, вина и сброженных продуктов совершенствовались тысячелетиями.

Сегодня еще трудно говорить о том, каких успехов удастся достичь в этой области с помощью биотехнологии, но самые общие тенденции вырисовываются довольно ясно.

Во-первых, на смену традиционным способам приготовления пищи постепенно придут биореакторы, в которых будут расти клетки животных или растений и микроорганизмов. Дело в том что, выход продукции при использовании ***ферментеров*** или ***биореакторов*** может быть существенно выше, чем в сельском хозяйстве: идущие в них процессы гораздо более интенсивны. Развитию этого направления способствуют и все возрастающая конкуренция за земельные ресурсы.

Во – вторых, эта альтернативная технология будет становиться все более производительной благодаря использованию ***методов генной инженерии***, которые позволяют получать улучшенные линии клеток и штаммы микроорганизмов. В основе всех этих производств лежат реакции обмена веществ происходящие при росте и размножении некоторых микроорганизмов.

Пивоварение до сих пор остается наиболее важной (в денежном начислении) отраслью биотехнологии. Во всем мире ежегодно производится около 1011 литров пива стоимостью порядка 100 млн. фунтов стерлингов.

Из пищевых продуктов большое значение приобретают полученные биотехнологией ***заменители сахара - фруктоза и мультимер аспартама*** (слаще сахарозы в 10000 раз). Другие подсластители - ***сахарин, сорбит, ксилит***, ***маннит, стевозид, тауматин*** и др.

Биотехнологическими процессами получают ***ценные пищевые добавки***. Наиболее яркий пример - производство ***лимонной кислоты.*** Сегодня ее получают главным образом микробиологическим методом, а не из цитрусовых. В результате земельные площади не приходится занимать посадками лимонных деревьев. Выпуск ***лимонной кислоты*** в мире сегодня составляет 400000 т/г. Производство ***уксусной кислоты***, являющейся первым продуктом, полученным с помощью иммобилизованных клеток, сегодня в мире составляет 50000 т/г.

За последние тридцать лет ***производство аминокислот***, в аэробных микробиологических процессах получило все более широкое распространение. В наибольшем количестве вырабатывалось два продукта - ***глутамат натрия***, который служит **усилителем вкусом** (ежегодное производство в мире - 15000 тонн), и ***лизин*** который используют как **пищевую добавку**. В мире за год продается аминокислот на сумму более 1 млрд. фунтов стерлингов, причем большую часть поставляют японские фирмы.

Биотехнология активно внедряется в ***производство кормов*** необходимых в животноводстве. Микроорганизмы могут превращать растительную биомассу с низким содержанием белка в пищевые продукты с высоким его содержанием.

У нас в стране первые исследования в этом направлении начались в 30-е годы. Были построены первые заводы по получению кормовых дрожжей на гидролизатах древесины, сельскохозяйственных отходах. В 1963 г. создан Всесоюзный НИИ биосинтеза белковых веществ. Началось крупномасштабное производство ***белкововитаминного концентрата (БВК).***

В 60-х годах ряд нефтяных компаний начали исследования и разработки по созданию новых процессов получения БВК, в зарубежной промышленности чаще употребляют термин ***белок одноклеточных организмов (БОО), предназначенного для употребления в пищу животных и людей. В качестве субстрата***

использовали нефть, метан, метанол, крахмал. Процессы на основе крахмала и метанола оказались наиболее конкурентоспособными.

В крупных промышленных масштабах этот процесс использовался в Германии: там, в ходе первой мировой войны выращивали дрожжи ***Sacchromyces cerevisiae***, которые добавляли главным образом в колбасу и супы. Таким путем удалось компенсировать около 60 % довоенного импорта пищевых продуктов. ***В СССР ежегодно производилось более 1 млн. тонн*** БВК, в основном из углеводородов и отходов растениеводства. Один из немногих высококачественных продуктов из БВК, пригодных для человека поставляется для пробной продажи ***в Англии фирмой Rank Hovis McDougal.*** Его вырабатывают из гриба, выращиваемого на содержащем углеводы сырье.

Основные принципы получения белка в пищу людям те же, что и для производства кормового белка, однако круг допустимых субстратов ограничен, а требования к продукту более жесткие. Необходимы предварительные медико-биологические исследования и клинические испытания пищевых препаратов биомассы. ***Психологический барьер*** производства микробной пищи связан не только с риском интоксикации, но и с сомнительными вкусовыми достоинствами этой пищи. Эксперт по проблемам питания заметил: "***Пища имеет все те свойства, которыми должна обладать новая человеческая пища: не имеет ни запаха, ни цвета, ни структуры, ни вкуса".***

Поэтому биотехнологи должны ввести продуценты **вкусовых, ароматизирующих и структурирующих пищу добавок.** Перспективными являются культивирование ***грибов Fusarium, цианобактерий Spirulina, зеленых водорослей Chlorella*** имеющих консистенцию и другие органолептические свойства более привычные для человека.

3.4. Химическая промышленность и биотехнология

Предвосхищая грядущий расцвет биотехнологии **Дж. Холдейн** говорил еще в 1929 г*:* ***"Зачем брать на себя труд изготовления химических соединений, если микроб может сделать это за нас?"*** Не случайно современные биотехнологи, употребляя микроорганизмы для трансформации органических соединений, т.е. уподобляя их химическим реагентам, называют иммобилизованные биообъекты ***"закованными в цепи рабами".***

Химическая промышленность органических соединений базируется сегодня в значительной мере на нефти, а большинство производимых ею продуктов переработки нефти получают путем частичного окисления сырья. Достичь специфического контролируемого и частичного окисления при помощи существующих катализаторов довольно сложно, а микроорганизмы осуществляют эти типы реакций мастерски, без труда. По этой причине особая роль в решении поставленных задач отводится **биокатализу**. За последние годы значительно возросло производство ферментов.

Ферменты - биологические катализаторы - это особые виды белков, ускоряющих химические реакции в живом организме.

Ферменты во многих отношениях превосходят искусственные катализаторы, и в первую очередь - ***по силе действия.*** Тысячи химических реакций протекают в живых организмах при участии ферментов ***в мягких условиях*** (температура и давление атмосферные). Скорость этих реакций в миллиарды раз быстрее, чем в присутствии лучших химических катализаторов. От искусственных катализаторов они отличаются *поразительной* ***рациональностью своих действий, строго направленных и максимально эффективных.***

До сих пор химикам не удалось создать катализаторы, превосходящие по своей эффективности и специфичности биологические катализаторы.

Ферменты широко применяют в медицине (главным образом в диагностики), фармацевтической и пищевой промышленностях. И все же в целом рынок ферментов оставался сравнительно небольшим до появления иммобилизованных ферментов.

Основные причины такого относительно медленного развития - нестабильность ферментов, сложность выделения продуктов переработки из гомогенных растворов, содержащих ферменты.

Получение ***иммобилизованных ферментов*** существенно расширило спектр их применения наряду с традиционными областями. Иммобилизованные ферменты применяют в качестве биодатчиков и биоиндикаторов в диагностике, биоэлектронике, мониторинге, в биоэнергетике - в качестве топливных элементов, в безсеребрянной фотографии.

Иммобилизация - ограничение подвижности молекул ферментов их конформационных перестроек - основана на физико-химических принципах, позволяющих закрепить структуру фермента, т.о. чтобы активный центр его молекулы сохранял свою работоспособность (каталитическую активность) в течение длительного времени, не

подвергаясь структурным изменениям, приводящим к нарушению его конфигурации.

Иммобилизация обнаруживает ряд солидных ***преимуществ*** в сопоставлении с обычным ферментом. ***Она позволяет остановить реакцию на любой стадии, повторно использовать катализатор, получать продукт незагрязненный ферментом, гетерогенный процесс можно вести непрерывно и регулировать скорость реакции.***

Производство химических веществ на основе биокатализа имеет следующие преимущества: специфичность, легкость контроля, работа при низких температурах, совместимость с окружающей средой и простота.

Существует три главных способа синтеза химических соединений на основе биокатализа:

- путем использования культур клеток растений или животных, образующих дорогостоящие вещества;

- путем использования микроорганизмов, при необходимости измененных методами генетической инженерии, для биосинтеза или модификации химических веществ;

- путем использования измененных методами генетической инженерии микроорганизмов в качестве "устройств" для экспрессии генов растений и животных, что позволяет синтезировать в больших количествах особые, присущие только высшим организмам химические соединения.

Современные материалы, используемые для строительства инженерных сооружений, аппаратов, трубопроводов подвержены ***биоповреждениям.***

Разработка ***новых стойких к биоповреждениям веществ*** - актуальная задача, которая может быть решена методами биотехнологии. Новые материалы должны быть устойчивыми к биоповреждениям, также как и к механическим, химическим и др. воздействиям.

Биоповреждения - неизбежное следствие важнейшей роли микроорганизмов в круговороте элементов в биосфере. Проявления биоповреждений весьма разнообразны: от порчи пищевых продуктов до загрязнения смазочных масел и топливных систем; разрушения батона и развития процессов электрохимических процессов коррозии под влиянием микроорганизмов.

Биоповреждение - это любое нежелательное изменение свойств какого-либо материала, вызванное жизнедеятельностью различных микроорганизмов.

Биоповреждение следует отличать от биодеградации.

Биоповреждение - процесс нежелательный, а биодеградация или биоразложение обычно рассматриваются как желательные процессы.

Биодеградация - это разрушение какого - либо продукта, попавшего в окружающую среду.

Биотехнология поможет создать новые методы борьбы с биоповреждеными благодаря более глубокому пониманию лежащих в их основе процессов.

3.5. Сельское хозяйство и биотехнология

Точки соприкосновения биотехнологии и сельского хозяйства весьма многообразны. Большая часть продукции сельского хозяйства служит сырьем для пищевой промышленности. В качестве сырья могут использоваться и отходы сельского хозяйства: в частности, большое внимание уделяется возможности получение топливного газа из навоза с сохранением его ценности как удобрения**.**

В ветеринарии биотехнология используется для получения вакцин и сывороток. Для увеличения выхода мяса могут использоваться ***гормоны роста***. Современная биотехнология дает нам и ***корм для скота, например БВК***.

Биотехнология, используя методы генной и клеточной инженерии, поможет разработать ***новые улучшенные культуры, как по урожайности, так и по качеству.*** Наибольший вклад биотехнологии в сельское хозяйство следует ожидать за счет улучшения свойств растений, путем использования методов ***рекомбинантных ДНК и протопластов растений.***

Задачей отдаленного будущего является передача способности к ***фиксации азота*** непосредственно отдельным сельскохозяйственным культурам путем введения в них гена нитрогеназы. Биологическая фиксация азота позволит сэкономить энергию, затрачиваемую сегодня при химическом синтезе аммиака, в производстве дорогостоящих химических удобрений.

3.6. Биогеотехнология

Биогеотехнология занимается вопросами добычи, обогащения и переработки руд, отделению и концентрированию металлов из сточных вод как вторичного сырья, экстракции остаточных порций нефти из иссекающих месторождений.

Большую роль в этих процессах играют микроорганизмы, способные жить в недрах Земли и осуществлять там химические превращения.

Способностью переводить металлы в растворимые соединения (выщелачивать металлы из руд) обладают различные бактерии. Например: ***Chromobakterium violaceum растворяет золото по схеме*** Au→ $Au(CN)_2$;

Thiobacillus ferrooxydans выщелачивает железо, медь, цинк, уран и другие металлы, окисляя их серной кислотой, которая образуется этой бактерией из сульфидов.

Технологии подобных процессов подкупают своей простотой: для извлечения остатков ***меди, урана, никеля из "пустых" пород*** горнорудного производства их обливают водой и собирают вытекающие продукты жизнедеятельности микроорганизмов - растворимые соединения ($CuSO_4$, UO_2 и т.д.).

Метод ***бактериального выщелачивания позволяет рассматривать разработку бедных месторождений как экономически выгодное*** предприятие. В США бедные никелевые руды, содержащие всего около 1 кг никеля на 1 т породы, предполагают разрабатывать с применением бактериального выщелачивания.

При извлечении металлов из сточных вод большое значение придается таким микроорганизмам, как ***Citrobacter sp., Zoogloea ramigera***, клетки и внеклеточные полисахариды которой извлекают ***U, Cu, Cd.***

Велика ***хелирующая способность грибной биомассы***, что, учитывая сравнительную дешевизну ее наработки в больших количествах, открывает перспективы не только для ***концентрирования металлов (Pb, Hg, Zn, Cu, Ni, Co, Mn, Cr, Ag, Au, Pt, Pd) из растворов***, где они присутствуют в следовых количествах, но и для освобождения растворов от **радиоактивных примесей *(дезактивации).***

Биотехнология играет все возрастающую роль и при ***добыче нефти*** из сложных в эксплуатации залежей с помощью микроорганизмов. ***Во-первых,*** в нефтяной промышленности используются **поверхностно-активные вещества микробного**

происхождения. ***Бактерии - деэмульгаторы, например Nokardia sp, Rhodococeos rhodochrous,*** разделяют водную и нефтяную фазы, что может быть использовано как для концентрирования нефти, так и для очистки сточных вод от нефтяных примесей, создающих угрозу для окружающей среды.

Во-вторых, некоторые образуемые микроорганизмами полимеры, особенно ***производные ксантана*** можно использовать в качестве компонентов закачиваемых в пласт растворов, обладающих нужными ***реологическими характеристиками,*** для добычи остаточной нефти. ***Ксантан,*** внеклеточный полисахарид бактерии ***Xanthomonas campestris***. Остаточные порции нефти обычно адсорбируются на различных породах, содержащихся в нефтеносных пластах, и не вымываются из них водой. Раствор ксантана в воде обладает высокой вязкостью и при закачке в пласты под повышенным давлении высвобождает капли нефти из всех трещин нефтеносных пород.

3.7. Окружающая среда и биотехнология

По мере того как увеличивается население Земли и развивается промышленность, все более серьезной становится проблема защиты окружающей среды. В решении такого рода задач биотехнология играет все возрастающую роль, в частности, в том, что касается разработки новых или усовершенствовании существующих способов **переработки отходов**. Новейшие процессы переработки необычных отходов будут основаны на использовании микроорганизмов, обладающих новыми, неизвестными ранее или искусственно созданными катаболическими способностями.

Процесс минерализации органических отбросов, основанный на использовании ***активного ила***, был разработан в 1914 году. С тех пор он был существенно модернизирован, стал более сложным и производительным и используется сегодня во всем мире для переработки стоков.

Также большие надежды возлагаются и на биоинженерию. Разработка ***биодатчиков*** поможет осуществлять ***мониторинг*** и контролировать условия среды. Б**иоиндикаторами** называются живые организмы или их сообщества, жизненные функции которых тесно коррелируют с определенными факторами среды, что могут применяться для их оценки.

Методы очистки стоков и выбросов, обезвреживания твердых отходов, а также вопросы ***биоиндикации*** и ***биотестирования***, методов оценивающих состояние природной среды по реакциям живых организмов будут рассмотрены более подробно в последующем в соответствующих разделах специальных дисциплин***: «Технология очистки воды», « Технология очистки газов», «Промышленная экология», «Мониторинг».***

3.8. Безопасность биотехнологических процессов

Биотехнология должна служить на благо человека и повышать его уровень жизни.

Всегда ли биообъекты, созданные по заранее заданным параметрам служат на благо?

Современный потенциал биотехнологии - это обоюдоострый меч, который может принести не только пользу, но и вред при бесконтрольном, неосторожном неумелом и тем более злонамеренном применении.

Так в распространении методов генной инженерии видят угрозу заражения людей болезнетворными "генетическими монстрами", создание разновидностей злостных сорняков и даже выведения "стандартных людей" по заранее заданным программам.

Потенциальную угрозу биотехнологии нельзя ни преувеличивать, ни преуменьшать. Она в значительной степени определяется этическими и социально-политическими факторами.

ЛИТЕРАТУРА

1.Воробьева Л.И. Техническая микробиология: Учеб. пособие - М.: Изд-во МГУ,1989. -294 с.

2. Елинов Н.П. Химическая микробиология: Учеб. для студентов химико-технол.,фармац., и др. ин-ов аспирантов и практ. работников. - М.: Высш.шк. 1989.- 448 с.

3.Губанова И.Н. Микробиология. - М.:Высш.школа,1987.-239 с.

4. Возная Н.Ф. Химия воды и микробиология: Учеб. пособие для вузов.-2-е изд., перераб. и доп. - М.:Высш.школа,1979.-340 с.

5. Биотехнология: Учеб. пособие для вузов. В 8 кн./ Под ред.

Н.С.Егорова, В.Д.Самуилова. Кн. 1: Проблемы и перспективы/ Н.С.Егоров, А.В. Олескин, В.Д.Самуилов.- М.: Высш.шк., 1987.- 159 с.

6. Биоиндекация загрязнений наземных экосистем / Р.Шуберт.- М.: Мир, 1988.- 350 с.

7. Бейли Дж.,Оллис Д. Основы биохимической инженерии. Пер. с англ.В 2-х частях -Ч.1. - М.:Мир, 1989.-692 с.

8. Бейли Дж.,Оллис Д. Основы биохимической инженерии. Пер. с англ. В 2-х частях- Ч.2. - М.:Мир, 1989.-590 с.

9. Тимофеева С.С. Экологическая биотехнология: Учеб.пособие – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1999.-210с.

10. Рис Э., Стернберг М. От клеток к атомам: Иллюстрированное введение в молекулярную биологию: Пер. с англ. - М.:Мир,1988.-144 с.

11. Строев Е.А. Биологическая химия:Учебник для фармацц. ин-тов -М.:Высш.шк.1986. - 479с.

12. Кемп П., Армс К. Введение в биологию: Пер. с англ.- М.: Мир, 1988.-671 с.

13. Микробиология: Практикум. /Л.Г. Бранцевич, Л.Н.Лысенко, В.В.Овод.-К.1987.-200 с.

14. Лабораторный практикум по общей микробиологии. Градова Н.Б., Бабусенко Е.С., Горнова И.Б., Гусарова Н.А. - М. 1999 г – 130 с.